

RADIO COMMUNICATION SYSTEM

Publication number: JP2000049656

Publication date: 2000-02-18

Inventor: MACLELLAN JOHN AUSTIN; R ANTHONY SHOVER

Applicant: LUCENT TECHNOLOGIES INC

Classification:

- international: **H04B7/26; G06K7/00; H04B1/59; H04B5/02; H04J1/00; H04L5/16; H04B7/26; G06K7/00; H04B1/59; H04B5/02; H04J1/00; H04L5/16; (IPC1-7): H04B1/59; H04B7/26; H04J1/00; H04L5/16; H04L12/28**

- European: G06K7/00E

Application number: JP19990072680 19990317

Priority number(s): US19980118647 19980717

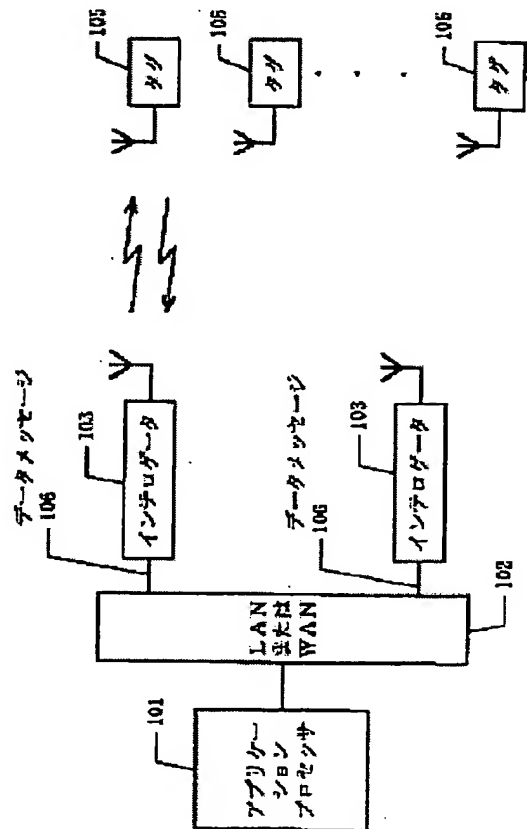
Also published as:

EP0973117 (A2)
US6177861 (B1)
EP0973117 (A3)
CA2267437 (A1)

Report a data error here

Abstract of JP2000049656

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a short-distance radio data communication from a central control point (interrogator) to many inexpensive end points (tag). **SOLUTION:** A tag 105 uses a modulation back-scatter method for a communication from the tag 105 to an interrogator 103. A new down-link protocol is used for data transmission from the interrogator 103 to the tag 105 and a new up-link protocol is used for data transmission from the tag 105 to the interrogator 103. Either protocol resends messages which are neither confirmed nor answered at random by using back-off/retry algorithm. The transmission capacity from the tag 105 to the interrogator 103 is improved more by using up-link subcarrier frequency-division multiplexing. In concrete, the tag 105 includes a sensor for temperature, smoke, or living body information and sends its output to the interrogator 103 with an up-link information signal.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

- [Claim 1] At least one in TEROGETA which has a means to transmit a down link modulation radio signal, and a means to receive an up link radio signal, A means to receive said down link modulation radio signal, and a means to restore to said down link modulation radio signal, and to recover a down link information signal, At least one tag which has a means to transmit an up link radio signal using the modulation back scatter, The radio communications system characterized by consisting of a random transmitting means which repeats transmission of the modulation radio signal of the type which is chosen from the group which contains said down link modulation radio signal and said up link radio signal at least, and which is different from each other at random time of day according to predetermined conditions.
- [Claim 2] Said random transmitting means is a radio communications system according to claim 1 characterized by being arranged at said at least one in TEROGETA, and repeating transmission of said down link modulation radio signal at random time of day according to the predetermined conditions in this in TEROGETA.
- [Claim 3] Said random transmitting means is a radio communications system according to claim 1 characterized by being arranged at said at least one tag, and repeating transmission of said up link radio signal at random time of day according to the predetermined conditions in this tag.
- [Claim 4] Said predetermined conditions are a radio communications system according to claim 2 characterized by being that there is no up link radio signal which answers said down link modulation radio signal, and is received.
- [Claim 5] Said predetermined conditions are a radio communications system according to claim 2 characterized by being that the up link radio signal which answers said down link modulation radio signal, and is received is not received correctly.
- [Claim 6] Said at least one in TEROGETA is a radio communications system according to claim 2 characterized by having further a means to answer the up link radio signal which received and to transmit a down link Acknowledgement signal.
- [Claim 7] Said up link radio signal is a radio communications system according to claim 2 characterized by being chosen from the group of the signal containing an up link Acknowledgement signal and an up link information modulation radio signal.
- [Claim 8] Said random transmitting means is a radio communications system according to claim 2 characterized by being arranged also at said at least one tag, and repeating transmission of said up link radio signal at random time of day according to the predetermined conditions in this tag.
- [Claim 9] Said predetermined conditions are a radio communications system according to claim 3 characterized by being that there is no down link modulation radio signal which answers said up link radio signal and is received.
- [Claim 10] Said predetermined conditions are a radio communications system according to claim 3 characterized by being that the down link modulation radio signal which answers said up link radio signal and is received is not received correctly.
- [Claim 11] Said at least one tag is a radio communications system according to claim 3 characterized by having further a means to answer the down link modulation radio signal which received, and to transmit an up link Acknowledgement signal.
- [Claim 12] Said up link radio signal is a radio communications system according to claim 3 characterized by being chosen from the group of the signal containing an up link Acknowledgement signal and an up link information modulation radio signal.
- [Claim 13] Said random transmitting means is a radio communications system according to claim 3 characterized by being arranged also at said at least one in TEROGETA, and repeating transmission of said down link modulation radio signal at random time of day according to the predetermined conditions in this in TEROGETA.
- [Claim 14] A means to generate the subcarrier frequency chosen from the set of the subcarrier frequency in which said at least one tag is possible at random, A means to modulate an up link information signal and to form a modulation subcarrier signal on said subcarrier frequency, It has further a means to transmit said modulation subcarrier signal using the modulation back scatter. Said at least one in TEROGETA The radio communications system according to claim 1 characterized by having further a means to receive said modulation subcarrier signal, and a means to recover said up link information signal from said modulation subcarrier signal.
- [Claim 15] Said at least one in TEROGETA is a radio communications system according to claim 14 characterized by having further a means to restore to two or more up link information signals received during the same period.
- [Claim 16] Said at least one tag is a radio communications system according to claim 1 characterized by having further a means to transmit two or more up link information signals before receiving a down link information signal.
- [Claim 17] Said at least one in TEROGETA is a radio communications system according to claim 1 characterized by having further a means to transmit two or more down link information signals before receiving an up link information signal.
- [Claim 18] In TEROGETA for radio communications systems characterized by consisting of a means to transmit a down link modulation radio signal, and a means which repeats transmission of said down link modulation radio signal at random time of day according to predetermined conditions.
- [Claim 19] Said predetermined conditions are in TEROGETA according to claim 18 characterized by being that there is no signal which answers said down link modulation radio signal, and is received.
- [Claim 20] In TEROGETA according to claim 18 characterized by having further a means to receive two or more subcarrier signals from two or more tags.
- [Claim 21] In TEROGETA according to claim 18 characterized by having further a means to transmit two or more down link information signals before receiving an up link information signal.
- [Claim 22] In TEROGETA according to claim 18 characterized by having further a means to receive a modulation back-scatter signal including the up link information signal modulated on the subcarrier signal chosen from the set of a possible subcarrier signal at random at random time of day.
- [Claim 23] The tag for radio communications systems characterized by consisting of a means to generate a subcarrier signal from the

set of a possible subcarrier signal, a means to modulate an up link information signal and to generate a modulation subcarrier signal on said subcarrier signal, and a means to transmit said modulation subcarrier signal to random time of day using the modulation back scatter.

[Claim 24] Said subcarrier signal is a tag according to claim 23 characterized by being chosen from the set of a possible subcarrier signal at random.

[Claim 25] The tag according to claim 23 characterized by including further the condition measuring circuit which measures one or more predetermined conditions chosen from the group containing temperature, smoke, and biological information.

[Claim 26] The tag according to claim 23 characterized by having further a means to measure temperature, and the means which includes a thermometry value in said up link information signal.

[Claim 27] The tag according to claim 23 characterized by having further a means to detect existence of smoke, and the means which includes the result of smoke detection in said up link information signal.

[Claim 28] The tag according to claim 23 characterized by having further a means to measure biological information, and the means which includes biological information measured value in said up link information signal.

[Claim 29] In the approach of operating the radio communications system containing at least one in TEROGETA and at least one tag this approach In the step which transmits a down link modulation radio signal to at least one tag in in TEROGETA, and a tag The step which receives said down link modulation radio signal, and the step which restores to said down link modulation radio signal, and recovers a down link information signal, In the step which transmits an up link radio signal using the modulation back scatter, and said in TEROGETA It consists of a step which receives said up link radio signal. Said approach further The method of operating a radio communications system characterized by having the step which repeats transmission of the modulation radio signal of the type which is chosen from the group which contains said down link modulation radio signal and said up link radio signal at least, and which is different from each other at random time of day according to predetermined conditions.

[Claim 30] How to operate in TEROGETA for radio communications systems characterized by consisting of a step which transmits a down link modulation radio signal, and a step which repeats transmission of said down link modulation radio signal at random time of day according to predetermined conditions.

[Claim 31] How to operate the tag for radio communications systems characterized by consisting of the step which generates a subcarrier signal from the set of a possible subcarrier signal, a step which modulates an up link information signal and generates a modulation subcarrier signal on said subcarrier signal, and a step which transmits said modulation subcarrier signal to random time of day using the modulation back scatter.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the system for the radiocommunication method which provides a cheap terminal (end point) with a short distance communication link especially about a radiocommunication method.

[0002]

[Description of the Prior Art] To develop the system which supports short distance wireless data transmission to a cheap terminal is desired. A radio frequency discernment (RFID (Radio Frequency IDentification)) method is a radiocommunication method which communicates with a wireless transceiver (it is called in TEROGETA.) between some cheap devices (it is called a tag.). A RFID technique can be taken into consideration in development of the above systems. By the RFID method, in TEROGETA communicates with a tag using a modulation radio signal, and a tag answers by the modulation radio signal. Generally, although the communication link to a tag from in TEROGETA uses an amplitude modulation radio signal, it restores to this easily. the communication link to in TEROGETA from a tag -- the modulation back scatter (MBS (Modulated BackScatter)) -- generally law is used. In MBS, in TEROGETA transmits a continuous wave (CW (Continuous-Wave)) radio signal to a tag. A tag modulates CW signal using MBS. In that case, the data from a tag are encoded on CW radio signal by switching an antenna to the condition of the reflector of RF radiation electrically from the condition of the absorber of RF radiation by the modulating signal of a tag. In TEROGETA restores to the coming radio signal which was modulated, and decodes the data message of a tag. In the MBS communication link to in TEROGETA from a tag, with the conventional technique, the frequency shift keying (FSK) modulation and the phase shift keying (PSK) method are used for the communication link.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The communication mode which makes possible short distance wireless data transmission to some cheap end points is needed. As an example, the communication link of the sensor data in the space where much electronic equipment exists can be considered. Such a situation may be produced in the cabin of a naval ship, and a works environment in the control room of a industrial process in the electronic equipment in a military motor vehicle like a tank, and on the aircraft etc. In such application, the monitor of no less than the 1000 sensors may be carried out. It may become very expensive that this equips, although the current technique is supporting the activity of the sensor connected to the central communication link point with the cable.

Moreover, this [its] is also expensive although the current technique is supporting the activity of the wireless Local Area Network (WLAN (wireless Local Area Network)) which carries out central communication link point interconnect of the end point.

[0004] Therefore, the cheap wireless data network which makes possible data communication to many cheap devices (for example, sensor) is needed succeedingly.

[0005]

[Means for Solving the Problem] The system by this invention offers the short distance wireless data transmission from the CC point (for example, in TEROGETA) to a cheap end point (for example, tag). An end point uses the modulation back-scatter method for the communication link to in TEROGETA from a tag. A system uses a new up link protocol for the data transmission from in TEROGETA to a tag at the data transmission from a tag to in TEROGETA using a new down link protocol. The message in which any protocol does not have an Acknowledgement using the back off / retry algorithm is resent at random. The system capacity from a tag to in TEROGETA improves further by the activity of up link subcarrier frequency multiplexing.

[0006]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the instantiation wireless-data-transmission (WDC (Wireless Data Communications)) system whole block diagram used for explaining this invention. An application processor 101 communicates with one or more in TEROGETA 103 through a Local Area Network (LAN) or a wide area network (WAN) 102. Although it is the point which should be careful of, a cable or wireless is sufficient as a Local Area Network or a wide area network 102. In TEROGETA 103 communicates with one or more cheap end points (on these descriptions, it is called a "tag" for convenience.) 105. A tag 105 can be considered as the electron device of the arbitration which has information locally.

[0007] Generally in [explanation of communication technology] 1 ** application, in TEROGETA 103 receives a data message 106 from an application processor 101. If it refers to in accordance with drawing 1 and drawing 2, it will format into down link message, i.e., information signal, 200a which should be sent to a tag 105 correctly using the information in which in TEROGETA 103 has this data message 106 contained in reception, and a processor 200 is contained in a data message 106. The source 201 of a radio signal generates radio-signal 201a, and a modulator 202 modulates information signal 200a on radio-signal 201a, and forms modulating-signal 202a. A transmitter 203 transmits modulating-signal 202a to a tag 105 through the transmitting antenna 204 using amplitude modulation. The reason amplitude modulation is ordinary selection is because a tag can restore to this signal with a single cheap nonlinear device (for example, diode).

[0008] Drawing 3 is the block diagram of a tag 105. In a tag 105, an antenna 301 (in the cases of many a loop formation or a patch antenna) receives a modulating signal. It restores to this signal to baseband directly using a wave detector / modulator 302 (for example, considering as single schottky diode is possible.). A wave detector / modulator 302 restores to an input signal to baseband directly. Information signal 302a (this signal contains the same data as 200a) obtained as a result is amplified by amplifier 303, and a synchronization is recovered in the clock recovery circuit 304. Information signal 304a obtained as a result is sent to a processor 305. Generally a processor 305 is a cheap microprocessor and, on the other hand, can mount the clock recovery circuit 304 by ASIC (application-specific integrated circuit). A processor 305 can also be included by ASIC. A processor 305 generates the up link information signal 306 returned from a tag 105 to in TEROGETA 103. This information signal is sent to the modulator controller 307. The modulator controller 307 modulates subcarrier frequency 308a generated by the source 308 of a subcarrier frequency using an

information signal 306. The source 308 of a frequency is possible also for considering as another crystal oscillator, or its processor 305 is possible also for considering as the source of a frequency (for example, master clock frequency of a processor 305) drawn from a processor 305. The modulation subcarrier signal 311 is used in order to modulate wireless carrier signal 204a received with a tag 105 and to generate a modulation back-scatter (echo) signal with a wave detector / modulator 302. This is realized by changing the reflection factor of an antenna 301 by turning schottky diode on and off using the modulation subcarrier signal 311. The power source 310 of a cell or others supplies a power source to the circuit of a tag 105.

[0009] An information signal 306 is generable by various approaches. For example, the processor 305 in a tag 105 can use the attached input signal 320 as a source of a signal of an information signal 306. As an example of the information source using the attached input signal 320, there is a smoke detector 330, a temperature sensor 340, or a common sensor 350. There are few amounts of the data transmitted by the attached input signal 320 depending on the case. In the case of a smoke detector 330, 1-bit information (is a smoke detector sounded or not?) is transmitted. In the case of a temperature sensor 340, a thermocouple 341 is connected to A/D converter 342 which generates the attached input signal 320. In the case of the common sensor 350, a sensor device 351 takes the logical circuit 352 and interface which generate the attached input signal 320. In this case, a logical circuit 352 has a dramatically simple thing and a comparatively complicated thing depending on the complexity of the common sensor 350. An example of the common sensor 350 is a living body sensor which records human being's biological information (a heart rate, respiration rate, etc.). Such information can be periodically transmitted to an application processor 101, in order to carry out the monitor of the condition of the living thing of human being or others continuously.

[0010] The technique of the [protocol whole structure] above is RF wireless data transmission technology of the minimum cost known by this contractor today. In order to design the wireless data telecommunication system which can support demand of communicating with many end points, time-slot structure like drawing 4 is used. The down link time slot i401 is a time slot by which information is transmitted to a tag 105 from in TEROGETA 103. The up link time slot i402 is a time slot by which information is transmitted to in TEROGETA 103 from a tag 105 using the above MBS. In drawing 4, although the die length of the time amount of these time slots is illustrated so that equally, this condition is not a requirement of this invention. As for the persistence time of the down link time slot 401 and the up link time slot 402, it is possible for it not to be equal, either. Furthermore, in drawing 4, although the time slot is illustrated so that one up link time slot i402 may continue after one down link time slot i401, this condition is not indispensable to this invention, either. A protocol can also support [also supporting the usage to which one up link time slot 402 continues after two or more down link time slots 401, also supporting that two or more up link time slots 402 continue after one down link time slot 401 possible, or] that two or more up link time slots (402) continue after two or more down link time slots (401) possible. In some applications, a data communication demand of the direction of a down link is large, and the decision of the exact number of the down link time slot 401 used in some applications since the data communication demand of the up link direction is large, and the up link time slot 402 is left to each application architect. Although it assumes that the single up link time slot i402 continues after the single down link time slot i401 in the following explanation, this assumption does not restrict the generality of the approach of this invention. Hereafter, the combination of the up link time slot i402 to which a frame i403 follows the down link time slot i401 and it in the present frame, a call, and this case in a frame i403 as shown in drawing 4 is pointed out.

[0011] First, the data exchange (data transfer) from the tag 105 to in TEROGETA 103 is explained. About the amount of the data which can be transmitted by the single up link time slot i402, it mentions later. When the amount of the data which want to transmit a tag 105 to in TEROGETA 103 exceeds the possible maximum amount of data to the single up link time slot 402, a tag 105 transmits a packet until it packet-izes this data and every one of all data is transmitted within each up link time slot i402. Explanation of the following protocols is related with the approach of transmitting and carrying out the Acknowledgement of such a single packet.

[0012] As already stated, the communication link of in TEROGETA / tag uses amplitude modulation in a down link, and uses MBS in an up link. One communication path of operating rather than the path of another side at difficulty, i.e., a signal-noise ratio low as an average, is not rarer in a bidirectional radiocommunication method. The down link communication link in the application using an MBS technique of it being more reliable than an up link communication link is not rarer. In order that an up link communication link may use a reflective radio signal in the reason, up link RF path loss is because it is the one-way path loss [twice] to a tag 105 from in TEROGETA 103. For this reason, since an up link message is received correctly, the element of the above-mentioned protocol reflects consideration that it may need to be repeated two or more times. However, this consideration does not restrict the general applicability of the protocol explained here.

[0013] The [up link data-exchange] above explained the physical layer of a radio communications system. Next, the protocol used in order to communicate information using this physical layer is explained. Drawing 5 is the schematic diagram of the up link data-exchange protocol 500. In the up link data-exchange protocol 500, the data with which to be transmitted to in TEROGETA 103 is demanded exist in a tag 105. As for this data transmission having been received correctly, in the Acknowledgement message received with a tag 105, it is desirable for an Acknowledgement to be carried out by in TEROGETA 103.

[0014] Drawing 5 is time line which shows transmission of each message as a function of time amount. In the up link data-exchange protocol 500, it is the time of day which the up link data transmitting preparation completion 501 has recognized existence of the data (information signal 200a) which want to transmit a tag 105 to in TEROGETA 103, and moreover completed packet-ization of the above required data. The time of day of the up link data transmitting preparation completion 501 is time of day t505, and the time-slot (or frame) index 507 at that time is i. At this time, a tag 105 chooses Number NU. NU is the number which shows that this up link data packet containing all or a part of information signal 200a must be correctly received by in TEROGETA 103 between the frames of NU individual. The value of NU is determined by the response-time demand of each application (after-mentioned).

[0015] A tag 105 calculates the random-number set uj ($j = 1, \dots, J$) with sequence after the up link data transmitting preparation completion 501. However, uj is distributed at random within a set (1 NU), there is no repeat in the value of uj , and the value of uj can be set in order so that it may be set to $uj+1 > uj$ to j contained inside (1 J-1). Then, in time-slot $i+uj$, in TEROGETA 103 carries out the schedule of the transmission of J up link data 502 messages. These messages are up link transmitting 301a. It is assumed that the processor 200 of in TEROGETA 103 can decode up link data 502 message to the guard time amount (after-mentioned) of the between at the time of initiation of the time of day when said message is received, and following time-slot $i+uj+1$. When up link data 502 message is received correctly (judged when CRC error detecting code is used for having been received correctly (after-mentioned)), and in TEROGETA 103 transmits down link Acknowledgement 503 to a tag 105 in time-slot $i+uj+1$, the Acknowledgement of this message is carried out. Although it is the point which should be careful of, when a processor 200 cannot decode up link data 502 message at a high speed such, down link Acknowledgement 503 is delayed to time-slot $i+uj+2$. This does not change a fundamental view.

[0016] Thus, the tag 103 knows that down link Acknowledgement 503 is expected from time-slot $i+uj+1$ (j is 1 in our example here.). When such down link Acknowledgement 503 is received correctly, it is not necessary to terminate normally the up link data-exchange protocol 500, and the up link data 502 remaining messages by which the schedule was carried out to next time-slot $i+uj$ (j is 2 here) do

not need to transmit it. RISUN [a tag 105 transmits the up link data 502 again in time-slot $i+uj$ (j is 2 here) of the next value of j , and / that next down link Acknowledgement 503 is right to time-slot $i+uj+1$ (j is 2 here), and a tag 105 is received] when down link Acknowledgement 503 is not received correctly. When received correctly, the up link data-exchange protocol 500 is terminated normally. When down link Acknowledgement 503 is not received to any of J up link data 502 transmitted messages, it is considered that the up link data-exchange protocol 500 is abnormal termination.

[0017] Next, selection of the above-mentioned parameter is explained. Based on the demand of application, die-length Δt of the time amount which the up link data-exchange protocol 500 must complete is determined. Although it is the point which should be careful of, Δt is calculated by $\Delta t = \frac{1}{f} \times \text{time amount required of a frame } i403$. Next, selection of Δt is explained. Since data were needed for the high speed by in TEROGETA 103, otherwise, the tide is missed in the important online monitoring system, it may be supposed that it is unnecessary and Δt is small in that case. In the case of the application of "batch-processing" mode of operation, although attainment of data is called for, since the hitting time of data is not not much important, the value of Δt can be considerably enlarged by it. In that case, the value of J is chosen so that protocol exchange of drawing 5 may be repeated several times at least. For example, J is set up equally to 5. Thereby, protocol exchange of drawing 5 is repeated 5 times.

[0018] The set of [radiocommunication range and interface] in TEROGETA 103 assumes that it exists in a certain environment like drawing 1. The reason of the existence of two or more in TEROGETA 103 is guaranteeing guaranteeing the normal communication link with the perfect wireless hippo register 105, i.e., all tags, being performed within the environment. Since the down link message from two or more in TEROGETA 103 is correctly received by the tag 105 depending on an environmental propagation property, the up link message from the specific tag 105 may be correctly received by two or more in TEROGETA 103. In the above-mentioned up link data-exchange protocol 500, down link Acknowledgement 503 is transmitted to the specific tag 105. It is rational that "near" in TEROGETA 103 transmits the specific down link Acknowledgement 503 in the semantics are meaningful in the specific tag 105.

[0019] The number of in TEROGETA 103 which transmits specific down link Acknowledgement 503 is restricted to in TEROGETA 103 in the radiocommunication range of a tag 105. Thus, total system capacity increases by restricting transmission. It is assumed that in TEROGETA 103 in the radiocommunication range of the specific tag 105 has transmitted same down link Acknowledgement 503 altogether for the object of this invention. Furthermore, it must guarantee not interfering in those transmission mutually. For example, down link Acknowledgement 503 is transmitted as mentioned above using amplitude modulation (AM). When transmission of two or more in TEROGETA 103 in the radiocommunication range of the specific tag 105 overlaps, it interferes in an AM signal so that it may weaken and suit. Therefore, in TEROGETA 103 assumes mutually that a time amount synchronization is carried out, in order to avoid such interference.

[0020] The case where the [down link data exchange], next data are transmitted to a tag 105 from in TEROGETA 103 is considered. Drawing 6 is the schematic diagram of the down link data-exchange protocol 600. In this case, in TEROGETA 103 packet-izes data (when required), and transmits the packet of data as down link data 602 in the down link time slot $i401$. As already stated, it is assumed that the time amount synchronization of the down link transmission of all in TEROGETA 103 that is in a wireless range mutually is carried out in order to avoid a mutual intervention. In drawing 6, the down link data transmitting preparation completion 601 arises in a time slot i . Then, in TEROGETA 103 tends to transmit the down link data 602 as early as possible. If it assumes that the down link time slot i is vacant, in TEROGETA 103 will transmit the down link data 602 by the time slot i . A tag 105 receives this down link data 602. Here, it is assumed that one time amount of the die length of $i403$ is taken to judge whether the tag 105 decoded the down link data 602, and the message was received correctly (this is based on the assumption that the processor 305 in a tag 105 is not powerful in about 200 processor in in TEROGETA 103). Next, up link Acknowledgement 603 is transmitted to in TEROGETA 103 by the time slot $i+1$ from a tag 105. In TEROGETA 103 (it expects to receive up link Acknowledgement 603 by the time slot $i+1$.) judges whether up link Acknowledgement 603 was received correctly. When up link Acknowledgement 603 is received correctly, in TEROGETA 103 transmits down link Acknowledgement 607 to a tag 105. The object of down link Acknowledgement 607 of this last is notifying to a tag 105 it not being necessary to transmit up link Acknowledgement 603 message further. The above-mentioned protocol acts correctly, when three messages 602, i.e., down link data, up link Acknowledgement 603, and down link Acknowledgement 607 are received correctly altogether. However, some message failures are expected in a actual radio channel. Therefore, in TEROGETA 103 and a tag 105 all use two or more retry (retry) algorithms.

[0021] If it becomes the down link data transmitting preparation completion 601, in TEROGETA 103 will carry out the schedule of the transmission of two or more down link data 602 messages. In order to perform this, in TEROGETA 103 calculates the set dk ($k=1, \dots, K$) which consists of K random numbers with sequence. However, dk is distributed at random within a set $(1 \sim ND)$, there is no repeat in the value of dk , and the value of dk can be set in order so that it may be set to $dk+1 > dk$ to k contained inside $(1 \sim K-1)$. Parameter ND is chosen like the above-mentioned parameter NU . Next, in TEROGETA carries out the schedule of the transmission of down link data 602 message in time-slot $i+dk$ to $k=1, \dots, K$. Although it is the point which should be careful of, in the above-mentioned explanation, it is assumed that $d1$ is 1. That is, the first down link data 602 message is transmitted by the first empty down link time slot $i401$. It is an option in a protocol whether $d1$ is taken with 1. In this way, the schedule of the set which consists of K down link data 602 messages is carried out.

[0022] At the down link data-exchange protocol 600, selection of ND and K is the same as the selection of NU and J in the above-mentioned up link data-exchange protocol 500. Main views are that the schedule of the sequence of transmission of K down link data 602 messages is carried out, and ND is chosen from consideration of the time line of the data demanded by this specific application. A tag 105 carries out the schedule of the transmission of M up link Acknowledgement 603 messages for every transmission of down link data 602 message. Generally, the schedule of these up link Acknowledgement 603 messages is carried out so that it may be transmitted to the time amount NUD between time-slot $i+dk$ and time-slot $i+dk+1$ (i.e., between two down link data 602 continuing messages). Therefore, NUD is small chosen from ND . Although it is rational to choose NUD with ND/K , this is only an example of the choice method of NUD . when ND is divided into the set of K frames 403, the number of the frame 403 of these K sets which is alike, respectively and is contained is ND/K . Parameter M is adjustable. It depends for the selection on the up link traffic need expected.

[0023] In drawing 6, a down link data 602a message is transmitted to time-slot $i+dk$. When a tag 105 does not receive a down link data 602a message correctly, a tag 105 stands by the next down link data transmission. A tag 105 assumes this down link data 602 message to receive correctly. Then, a tag 105 carries out the schedule of the transmission of M up link Acknowledgement 603 messages. This is performed when a tag 105 calculates count $****$ for the random-number set um ($m=1, \dots, M$) with sequence. However, um is distributed at random within a set $(1 \sim NUD)$, there is no repeat in the value of um , and the value of um can be set in order so that it may be set to $um+1 > um$ to m contained inside $(1 \sim M-1)$. A tag 105 determines by which time-slot $i+dk+um$ up link Acknowledgement 603 is transmitted using these values of um . Two of M up link Acknowledgement messages (603a and 603b) are shown in time-slot $i+dk+u1$ and $i+dk+u2$ of drawing 6.

[0024] It is assumed that in TEROGETA 103 received correctly transmission of up link Acknowledgement 603b in time-slot $i+dk+u2$. Then, in TEROGETA 103 transmits single down link Acknowledgement 607a in time-slot $i+dk+u2+1$. When this down link

Acknowledgement 607a is correctly received by the tag 105, a tag 105 cancels the transmission of the remaining up link Acknowledgement messages (for example, 603c) by which the schedule is carried out. When a down link Acknowledgement 607a is not received correctly, in TEROGETA 103 will resend down link Acknowledgement 607b once again, if the following up link Acknowledgement 603c is received correctly. All these processes are continued until each message of the down link data 602, up link Acknowledgement 603, and down link Acknowledgement 607 is received correctly.

[0025] The possible structure for transmission of [message structure] next a down link, and an up link is explained. Here, the structure which can use the same up link structure as the up link data 502 and up link Acknowledgement 603 possible [using the same down link structure as both down link Acknowledgement 503 and the down link data 602] is explained.

[0026] The down link message structure 700 is illustrated to drawing 7. This shows the message segment and the number of bits relevant to a down link message. A message begins from a preamble 701. By the preamble 701, the clock recovery circuit 304 of a tag 105 becomes possible [synchronizing]. Next, the barker code 702 defines initiation of the actual data of a message. In TEROGETA ID 703 defines that in TEROGETA has transmitted this signal. Although it is the point which should be careful of, it will interfere so that the data in in TEROGETA ID703 segment are the same if all in TEROGETA 103 is transmitting simultaneously, the data transmitted by the message segment when that is not right may be weakened and it may suit to all in TEROGETA 103 that is in a wireless range mutually. Next, the message to the tag which is different from each other is shown. The message to a tag 1 is shown in the three fields called the message 1 tag ID 704, message 1 counter 705, and message 1 data 706. The message 1 tag ID 704 is the identification number of the tag 105 of the destination of a message 1. Message 1 counter 705 is a message counter used since an Acknowledgement is made to each data message. Message 1 data 706 are actual data. This field can also be further enlarged depending on the property of application. The three same fields 704, 705, and 706 are repeated for every different message which should be transmitted to the n-th message of a down link message. It is 24-bit error correcting code CRC for which CRC707 is used in order to enable it to judge whether this down link message was correctly received for the tag 105. Although it is the point which should be careful of, the number of bits used with drawing 7 and the message structure of 8 expresses one possible mounting. For example, many numbers of bits are more nearly required for the message 1 tag ID 704 etc. than 16 bits in the system which has many tags 105 rather than 64,000 pieces. The size of message 1 data 706 is designed to a very small down link message like a simple Acknowledgement. In other applications, transmission of much more data may be needed in the direction of a down link.

[0027] The up link message structure 800 is illustrated to drawing 8. A preamble 801 and the barker code 802 are the things of the same object as the down link message structure 700. A tag ID 803 is ID of a tag 105 which has transmitted this message. A message type 804 distinguishes whether this message is a data message or it is an Acknowledgement. The message counter 805 is to be the same as that of the above-mentioned message counter 705, and make an Acknowledgement to each message. The tag message 806 is actual data and is 12 bytes in this case. In TEROGETA 103 enables it, as for CRC807, for this message to judge whether it was received correctly.

[0028] Although it is the point which should be careful of, a data signal (also receiving the down link data 602 and down link Acknowledgement 503 like the up link data 502 and up link Acknowledgement 603, and a row) can be mounted using the completely same message structure using the above-mentioned down link message structure 700 and the above-mentioned up link message structure 800. Since the hardware for the same recovery and message analysis, firm ware, or software is applicable to the message of the type of arbitration by this, it is advantageous.

[0029] Moreover, the timing of the down link message structure 700 and the up link message structure 800 is effective if a certain guard time amount is introduced. Generally guard time amount is the time amount during the time of the termination of one message by which the schedule was carried out, and initiation of the following message. This time amount is introduced in order to compensate inaccuracy, such as timing and a synchronization, and clock precision.

[0030] The [interleave data-exchange] message counter 705 and the message counter 805 are used as follows. For example, in the up link data exchange 500, a tag 105 transmits up link data 502 message. In the message, the message counter 805 includes the value of 8 bits. In order that in TEROGETA 103 may carry out the Acknowledgement to the up link data 502, when transmitting down link Acknowledgement 503, thereby, the Acknowledgement of the up link data 502 specific message is carried out including the value of 8 bits with message 1 same counter 705. This process is similarly applied to the down link data exchange 600.

[0031] If this capacity is given, it will become possible to extend the up link data exchange 500 like drawing 9. In this example, a tag 105 transmits two or more data packets to in TEROGETA 103. These packets are called the up link data k902 and the up link data k+1 (904). Although it is the point which should be careful of, down link DS 700 has the capacity which carries out two or more Acknowledgements by same down link Acknowledgement 503 from drawing 5 and drawing 7. First, a tag 105 transmits the up link data k902 to in TEROGETA 103 by time-slot i+u. A tag 105 expects time-slot i+u+1 to receive down link Acknowledgement 903. However, it is assumed that this Acknowledgement is not correctly received in this case. (Since it is because in TEROGETA 103 failed in reception of the up link data k902 receiving un-succeeding [of down link Acknowledgement 903], a tag 105 may depend it on reception of down link Acknowledgement 903 having gone wrong) this case -- a tag 105 -- next, it can choose transmitting the up link data k+1 (904). Next, a tag 105 assumes that down link Acknowledgement 905 is received. As shown in drawing 7, the Acknowledgement of this down link Acknowledgement 905 can be carried out to the up link data k902, the up link data k+1 (904), or those both. Thus, by the approach of carrying out the interleave of data transmission and the Acknowledgement, when two or more packets must be transmitted, high-speed transmission and the high-speed Acknowledgement of a message become possible.

[0032] When the up link message structure 800 is extended so that the Acknowledgement to two or more down link data 602 messages within one up link Acknowledgement 603 may be supported, it is possible to use the same procedure also for the down link data exchange 600.

[0033] In the case of a part of applications like the sensor network where many data are transmitted to in TEROGETA 103 from a tag 105, it is advantageous to increase up link capacity rather than it is transmitted to a tag 105 from [buildup of frequency multiplexing-up link capacity] in TEROGETA 103. Such one approach of an improvement of capacity is increasing the data rate of up link data 502 signal. However, since this approach increases receiver bandwidth, it may reduce a signal-noise ratio and may reduce the capacity and the range of a system. Another method of increasing system capacity, without reducing the range of a system is using frequency multiplexing. In drawing 3, the source 308 of a frequency generates subcarrier signal 308a. In frequency multiplexing, the source 308 of a frequency can also generate which subcarrier frequency of the sets of a possible subcarrier frequency. In the case of this protocol, a specific subcarrier frequency assumes that it is chosen at random from the set of that possible subcarrier frequency by the source 308 of a frequency to each up link message (for example, the up link data 502 or up link Acknowledgement 603). In that case, a protocol advances like the above.

[0034] The frequency space of the subcarrier signal 1000 is shown in drawing 10. A tag 105 chooses subcarrier signal 308a (1 n) (referred to as fsi to i contained inside) from the set which consists of a possible frequency of n pieces. In this case, the tag 105 with which it differs to n pieces can transmit an up link signal (either the up link data 502 or up link Acknowledgement 603) between the

same up link time slots i402. In TEROGETA 103 is a receiving antenna 206, and receives signal 301a including n up link signals. LNA207 amplifies an input signal on RF frequency. The rectangular mixer 208 restores to input-signal 301a to direct baseband using homodyne detection. The output of the rectangular mixer 208 is I (inphase) of a signal and Q (rectangular cross) component to which it restored, and is shown by the signal 209 of drawing 2. Drawing 10 shows the configuration of the signal 209 over the channel of either I or Q. The bandwidth of each signal is Δf 1004. In the 1st subcarrier signal, a rear spring supporter and the 2nd subcarrier signal serve as a rear spring supporter etc. from $(fs2-\Delta f/2)$ by $(fs2+\Delta f/2)$ from $(fs1-\Delta f/2)$ by $(fs1+\Delta f/2)$. Although it is the point which it should be careful of here, all information signals are included in the range from $(fs1-\Delta f/2)$ to $(fsn+\Delta f/2)$. Next, filter clearance of the signal of the outside of this range is carried out using the filter amplifier 210. Next, the subcarrier demodulator 212 can restore to n up link information signals modulated on [of n pieces] subcarrier signal 308a simultaneously. There are two fundamental functions in the subcarrier demodulator 212. That is, it is filtering a signal further and recovering an information signal 306 from subcarrier signal 308a after that. In the one example, these two functions are performed in digital one and can be mounted by the digital signal processor (DSP) or the field-programmable gate array (FPGA). The digital filter to each subcarrier signal 308a is adjusted to every subcarrier signal 308a. For example, a filter passes the frequency between $(fs1-\Delta f/2)$ and $(fs1+\Delta f/2)$ to 1st subcarrier signal 308a. The detail of the subcarrier demodulator 212 is shown in drawing 11. An input signal 211 contains the channel of both I and the above-mentioned Q. The subcarrier filter 1110 filters a proper to subcarrier signal 308a ($fs1$ and 1001). That is, this passes the frequency between $(fs1-\Delta f/2)$ and $(fs1+\Delta f/2)$. The subcarrier demodulator 1 (1120) lets the output of the subcarrier filter 1 (1110) pass. The subcarrier demodulator 1 (1120) recovers an information signal 306 from subcarrier signal 308a. An output signal 213 includes the information signal 306 from all the tags 105 that have transmitted the up link signal by subcarrier signal 308a which is different from each other at this time.

[0035] The result of this technique is as follows. The case of the up link data exchange 500 is considered. in this case, the thing for which the random number u1 in the range (1 NU) is chosen -- NU individual -- difference -- the up link time slot i402 is chosen. When the degree of freedom of subcarrier signal 308a of n pieces is added further, the number of the selection which is different from each other increases as $n \times NU$, and, thereby, up link capacity increases substantially potentially.

[0036]

[Effect of the Invention] As stated above, according to this invention, the cheap wireless data network which makes possible data communication to many cheap devices (for example, sensor) is realized.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of an instantiation wireless-data-transmission (WDC) system.

[Drawing 2] It is the block diagram of the instantiation in TEROGETA unit used by the WDC system of drawing 1.

[Drawing 3] It is the block diagram of the tag unit used by the WDC system of drawing 1.

[Drawing 4] It is drawing of time-slot structure used with the protocol of the WDC system of drawing 1.

[Drawing 5] It is drawing of an up link data-exchange protocol used by WDC of drawing 1.

[Drawing 6] It is drawing of a down link data-exchange protocol used by WDC of drawing 1.

[Drawing 7] It is drawing of down link message structure used with the protocol of WDC of drawing 1.

[Drawing 8] It is drawing of up link message structure used with the protocol of drawing 6.

[Drawing 9] It is drawing of the extended up link data-exchange protocol of drawing 5.

[Drawing 10] It is drawing of the subcarrier signal of drawing 3.

[Drawing 11] It is the detail drawing of the subcarrier demodulator of drawing 3.

[Description of Notations]

101 Application Processor

102 LAN or WAN

103 In TEROGETA

105 Tag

106 Data Message

200 Processor

201 Source of Radio Signal

202 Modulator

203 Transmitter

204 Transmitting Antenna

206 Receiving Antenna

207 LNA

208 Rectangular Mixer

210 Filter Amplifier

211 Input Signal

212 Subcarrier Demodulator

213 Output Signal

200a Information signal

201a Radio signal

202a Modulating signal

204a Wireless carrier signal

301 Antenna

302 Wave Detector/Modulator

303 Amplifier

304 Clock Recovery Circuit

305 Processor

306 Up Link Information Signal

307 Modulator Controller

308 Source of Subcarrier Frequency

310 Cell

311 Modulation Subcarrier Signal

320 Attached Input Signal

330 Smoke Detector

340 Temperature Sensor

341 Thermocouple

342 A/D Converter

350 General Sensor

351 Sensor Device

352 Logical Circuit

301a Up link transmission

302a Information signal

304a Information signal

308a Subcarrier frequency

401 Down Link Time Slot

402 Up Link Time Slot

403 Frame X

500 Up Link Data-Exchange Protocol

501 Up Link Data Transmitting Preparation Completion
502 Up Link Data
503 Down Link Acknowledgement
600 Down Link Data-Exchange Protocol
601 Down Link Data Transmitting Preparation Completion
602 Down Link Data
603 Up Link Acknowledgement
607 Down Link Acknowledgement
700 Down Link Message Structure
701 Preamble
702 Barker Code
703 In TEROGETA ID
704 Message 1 Tag ID
705 Message 1 Counter
706 Message 1 Data
707 CRC
800 Up Link Message Structure
801 Preamble
802 Barker Code
803 Tag ID 1
804 Message Type
805 Message Counter
806 Tag Message
807 CRC
902 Up Link Data K
903 Down Link Acknowledgement
904 Up Link Data K+1
905 Down Link Acknowledgement
1000 Subcarrier Signal
1004 DeltaF
1110 Subcarrier Filter
1120 Subcarrier Demodulator

[Translation done.]

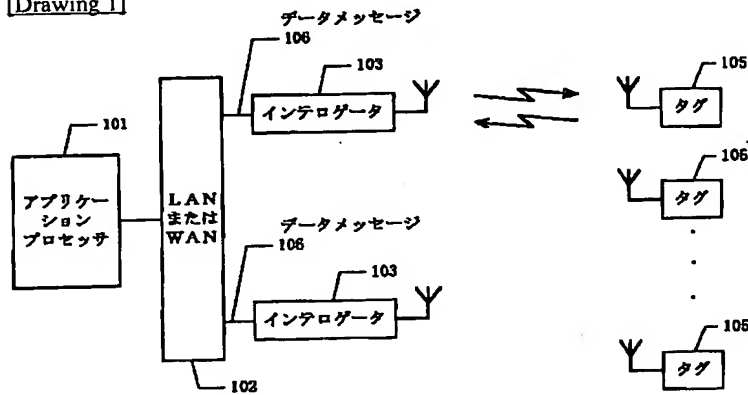
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

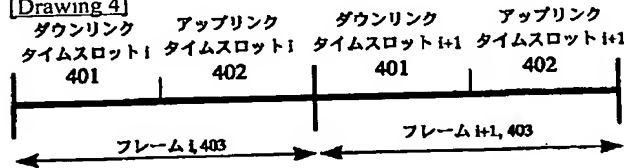
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]



[Drawing 4]



[Drawing 7]

ダウンリンクメッセージ構造 700

メッセージセグメント	ビット数
プリアンブル 701	11
バーカーコード 702	13
インタローゲータ ID 703	8
メッセージ ₁ タグ ID 704	16
メッセージ ₁ カウンタ 705	8
メッセージ ₁ データ 706	16
メッセージ _n タグ ID 704	16
メッセージ _n カウンタ 705	8
メッセージ _n データ 706	16
CRC 707	24

従って、ダウンリンクメッセージ長=56+40n ビット

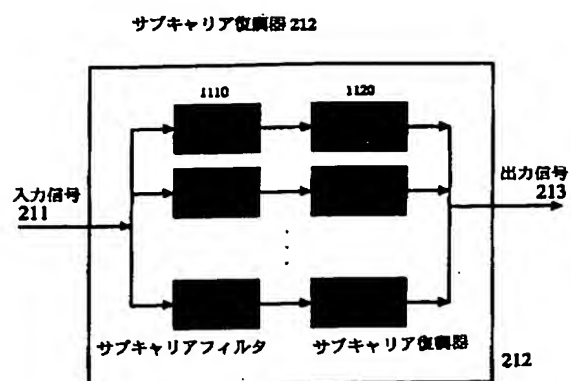
[Drawing 8]

アップリンクメッセージ構造 800

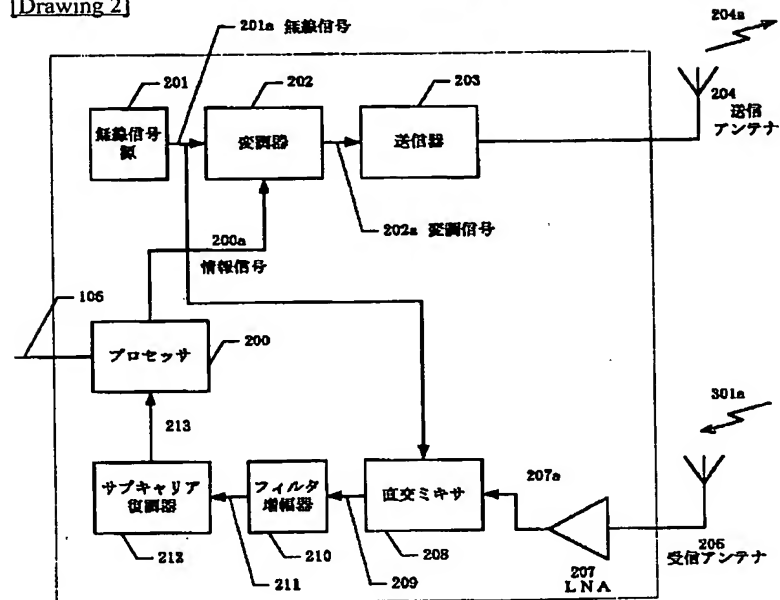
メッセージセグメント	ビット数
プリアンブル 801	11
バーカーコード 802	13
タグ ID ₁ 803	16
メッセージタイプ 804	4
メッセージカウンタ 805	8
タグメッセージ 806	96
CRC 807	24

従って、アップリンクメッセージ長=172 ビット

[Drawing 11]

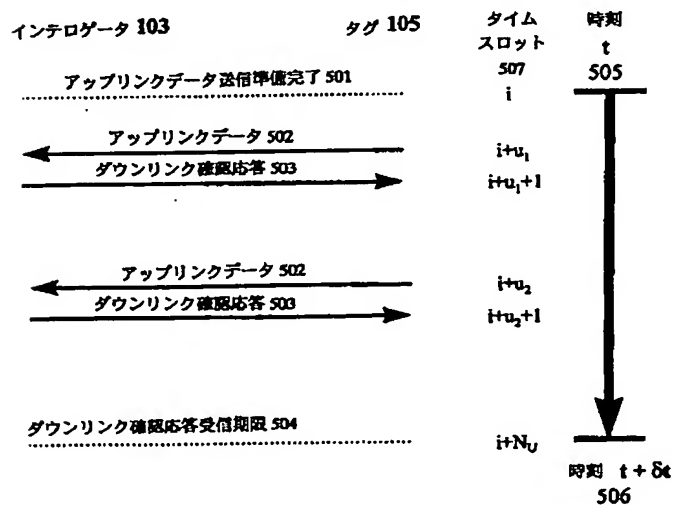


[Drawing 2]



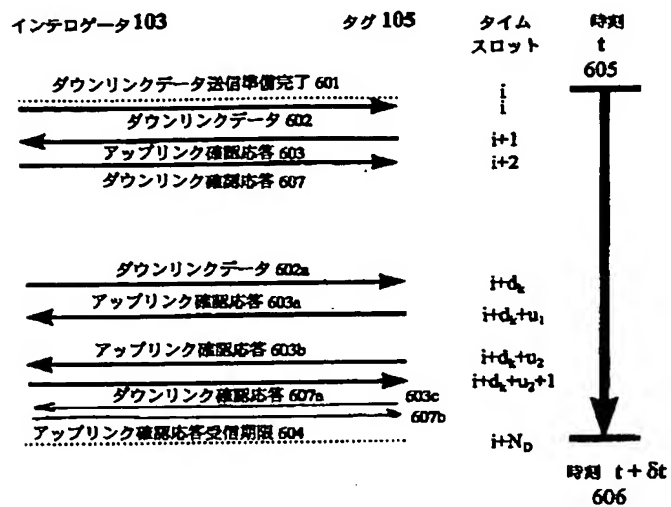
[Drawing 5]

アップリンクデータ交換プロトコル 500



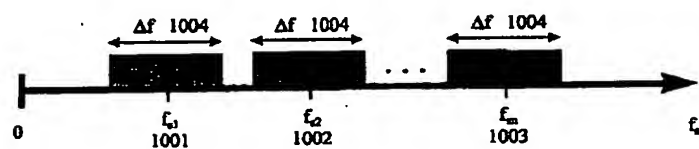
[Drawing 6]

ダウンリンクデータ交換プロトコル 600

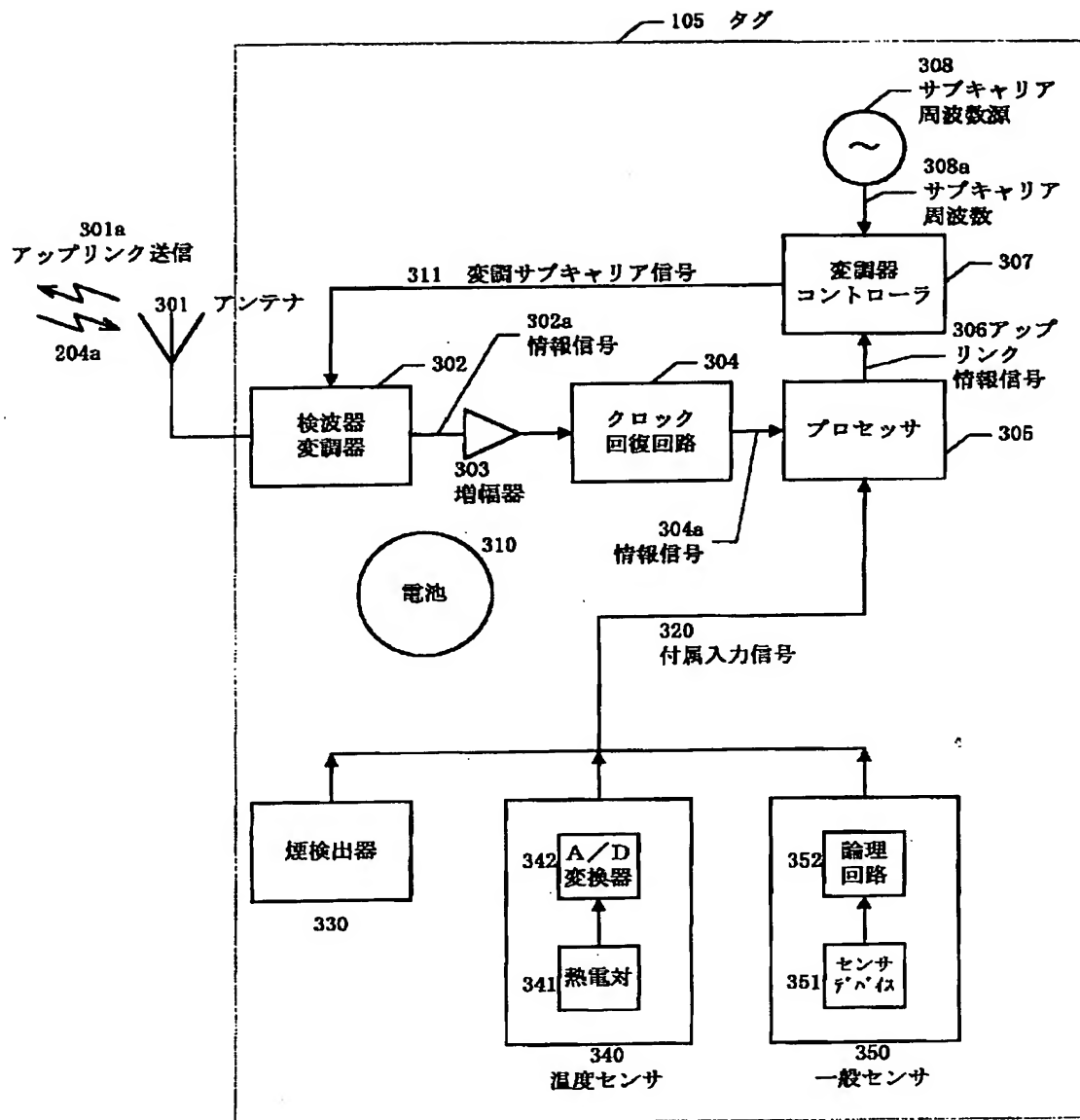


[Drawing 10]

サブキャリア信号 1000

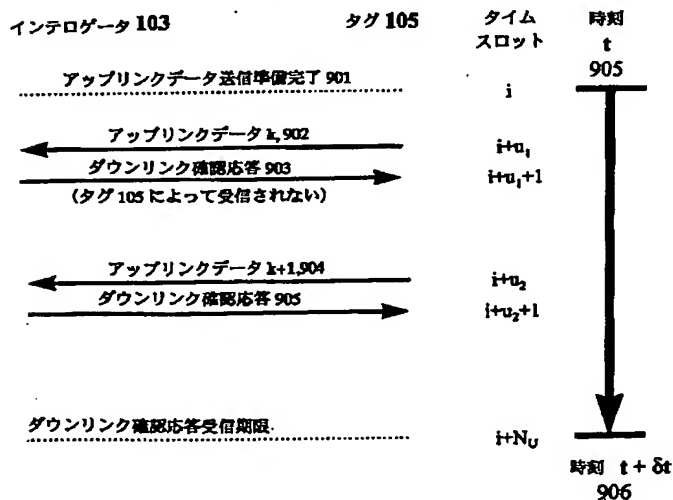


[Drawing 3]



[Drawing 9]

拡張アップリンクデータ交換プロトコル 900



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-49656

(P2000-49656A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 4 B	1/59	H 0 4 B	1/59
	7/26	H 0 4 J	1/00
H 0 4 J	1/00	H 0 4 L	5/16
H 0 4 L	5/16	H 0 4 B	7/26
	12/28	H 0 4 L	11/00
			R
			3 1 0 B
		審査請求 未請求 請求項の数31	OL (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-72680

(22) 出願日 平成11年3月17日 (1999.3.17)

(31) 優先権主張番号 09/118647

(32) 優先日 平成10年7月17日 (1998.7.17)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レイテッドLucent Technologies
Inc.アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー
600-700

(74) 代理人 100081053

弁理士 三俣 弘文

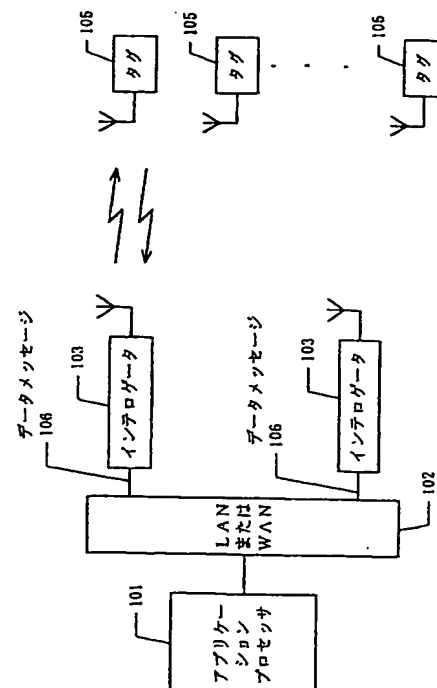
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システム

(57) 【要約】

【課題】 中央制御ポイント (インテロゲータ) から多数の安価なエンドポイント (タグ) への短距離無線データ通信を提供する。

【解決手段】 タグ105は、タグ105からインテロゲータ103への通信に変調バックスキット法を利用する。インテロゲータ103からタグ105へのデータ伝送に新しいダウンリンクプロトコルを用い、タグ105からインテロゲータ103へのデータ伝送に新しいアップリンクプロトコルを用いる。いずれのプロトコルも、バックオフ/リトライアルゴリズムを用いて、確認応答のないメッセージをランダムに再送する。タグ105からインテロゲータ103への伝送容量は、アップリンクサブキャリア周波数分割多重化の使用によりさらに向上する。具体例では、タグ105は、温度、煙あるいは生体情報のセンサを含み、その出力をアップリンク情報信号に含めてインテロゲータ103へ送信する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ダウンリンク変調無線信号を送信する手段と、アップリンク無線信号を受信する手段とを有する少なくとも1つのインテロゲータと、前記ダウンリンク変調無線信号を受信する手段と、前記ダウンリンク変調無線信号を復調してダウンリンク情報信号を回復する手段と、変調バックスキャッタを用いてアップリンク無線信号を送信する手段とを有する少なくとも1つのタグと、

所定の条件に応じて、少なくとも前記ダウンリンク変調無線信号および前記アップリンク無線信号を含む群から選択される相異なるタイプの変調無線信号の送信を、ランダムな時刻に繰り返すランダム送信手段とからなることを特徴とする無線通信システム。

【請求項2】 前記ランダム送信手段は、前記少なくとも1つのインテロゲータに配置され、該インテロゲータにおける所定の条件に応じてランダムな時刻に前記ダウンリンク変調無線信号の送信を繰り返すことを特徴とする請求項1に記載の無線通信システム。

【請求項3】 前記ランダム送信手段は、前記少なくとも1つのタグに配置され、該タグにおける所定の条件に応じてランダムな時刻に前記アップリンク無線信号の送信を繰り返すことを特徴とする請求項1に記載の無線通信システム。

【請求項4】 前記所定の条件は、前記ダウンリンク変調無線信号にตอบสนองして受信されるアップリンク無線信号がないことであることを特徴とする請求項2に記載の無線通信システム。

【請求項5】 前記所定の条件は、前記ダウンリンク変調無線信号にตอบสนองして受信されるアップリンク無線信号が正しく受信されないことであることを特徴とする請求項2に記載の無線通信システム。

【請求項6】 前記少なくとも1つのインテロゲータは、受信したアップリンク無線信号にตอบสนองしてダウンリンク確認応答信号を送信する手段をさらに有することを特徴とする請求項2に記載の無線通信システム。

【請求項7】 前記アップリンク無線信号は、アップリンク確認応答信号およびアップリンク情報変調無線信号を含む信号の群から選択されることを特徴とする請求項2に記載の無線通信システム。

【請求項8】 前記ランダム送信手段は、前記少なくとも1つのタグにも配置され、該タグにおける所定の条件に応じてランダムな時刻に前記アップリンク無線信号の送信を繰り返すことを特徴とする請求項2に記載の無線通信システム。

【請求項9】 前記所定の条件は、前記アップリンク無線信号にตอบสนองして受信されるダウンリンク変調無線信号がないことであることを特徴とする請求項3に記載の無線通信システム。

【請求項10】 前記所定の条件は、前記アップリンク

無線信号にตอบสนองして受信されるダウンリンク変調無線信号が正しく受信されないことであることを特徴とする請求項3に記載の無線通信システム。

【請求項11】 前記少なくとも1つのタグは、受信したダウンリンク変調無線信号にตอบสนองしてアップリンク確認応答信号を送信する手段をさらに有することを特徴とする請求項3に記載の無線通信システム。

【請求項12】 前記アップリンク無線信号は、アップリンク確認応答信号およびアップリンク情報変調無線信号を含む信号の群から選択されることを特徴とする請求項3に記載の無線通信システム。

【請求項13】 前記ランダム送信手段は、前記少なくとも1つのインテロゲータにも配置され、該インテロゲータにおける所定の条件に応じてランダムな時刻に前記ダウンリンク変調無線信号の送信を繰り返すことを特徴とする請求項3に記載の無線通信システム。

【請求項14】 前記少なくとも1つのタグは、可能なサブキャリア周波数のセットからランダムに選択されるサブキャリア周波数を生成する手段と、

前記サブキャリア周波数上にアップリンク情報信号を変調して変調サブキャリア信号を形成する手段と、

変調バックスキャッタを用いて前記変調サブキャリア信号を送信する手段とをさらに有し、

前記少なくとも1つのインテロゲータは、

前記変調サブキャリア信号を受信する手段と、

前記変調サブキャリア信号から前記アップリンク情報信号を復調する手段とをさらに有することを特徴とする請求項1に記載の無線通信システム。

【請求項15】 前記少なくとも1つのインテロゲータは、同じ期間中に受信される複数のアップリンク情報信号を復調する手段をさらに有することを特徴とする請求項14に記載の無線通信システム。

【請求項16】 前記少なくとも1つのタグは、ダウンリンク情報信号を受信する前に複数のアップリンク情報信号を送信する手段をさらに有することを特徴とする請求項1に記載の無線通信システム。

【請求項17】 前記少なくとも1つのインテロゲータは、アップリンク情報信号を受信する前に複数のダウンリンク情報信号を送信する手段をさらに有することを特徴とする請求項1に記載の無線通信システム。

【請求項18】 ダウンリンク変調無線信号を送信する手段と、

所定の条件に応じて、前記ダウンリンク変調無線信号の送信をランダムな時刻に繰り返す手段とからなることを特徴とする無線通信システム用インテロゲータ。

【請求項19】 前記所定の条件は、前記ダウンリンク変調無線信号にตอบสนองして受信される信号がないことであることを特徴とする請求項18に記載のインテロゲータ。

【請求項20】 複数のタグから複数のサブキャリア信

号を受信する手段をさらに有することを特徴とする請求項18に記載のインテロゲータ。

【請求項21】 アップリンク情報信号を受信する前に複数のダウンリンク情報信号を送信する手段をさらに有することを特徴とする請求項18に記載のインテロゲータ。

【請求項22】 可能なサブキャリア信号のセットからランダムに選択されるサブキャリア信号上に変調されたアップリンク情報信号を含む変調バックスキッタ信号をランダムな時刻に受信する手段をさらに有することを特徴とする請求項18に記載のインテロゲータ。

【請求項23】 可能なサブキャリア信号のセットからサブキャリア信号を生成する手段と、前記サブキャリア信号上にアップリンク情報信号を変調して変調サブキャリア信号を生成する手段と、変調バックスキッタを用いて前記変調サブキャリア信号をランダムな時刻に送信する手段とからなることを特徴とする無線通信システム用タグ。

【請求項24】 前記サブキャリア信号は、可能なサブキャリア信号のセットからランダムに選択されることを特徴とする請求項23に記載のタグ。

【請求項25】 温度、煙および生体情報を含む群から選択される1つ以上の所定の条件を測定する条件測定回路をさらに含むことを特徴とする請求項23に記載のタグ。

【請求項26】 温度を測定する手段と、温度測定値を前記アップリンク情報信号に含める手段とをさらに有することを特徴とする請求項23に記載のタグ。

【請求項27】 煙の存在を検出する手段と、煙検出の結果を前記アップリンク情報信号に含める手段とをさらに有することを特徴とする請求項23に記載のタグ。

【請求項28】 生体情報を測定する手段と、生体情報測定値を前記アップリンク情報信号に含める手段とをさらに有することを特徴とする請求項23に記載のタグ。

【請求項29】 少なくとも1つのインテロゲータおよび少なくとも1つのタグを含む無線通信システムを動作させる方法において、該方法は、インテロゲータにおいて、少なくとも1つのタグへ、ダウンリンク変調無線信号を送信するステップと、タグにおいて、前記ダウンリンク変調無線信号を受信するステップと、前記ダウンリンク変調無線信号を復調してダウンリンク情報信号を回復するステップと、変調バックスキッタを用いてアップリンク無線信号を送信するステップと、前記インテロゲータにおいて、前記アップリンク無線信号を受信するステップとからなり、

前記方法はさらに、所定の条件に応じて、少なくとも前記ダウンリンク変調無線信号および前記アップリンク無線信号を含む群から選択される相異なるタイプの変調無線信号の送信を、ランダムな時刻に繰り返すステップを有することを特徴とする、無線通信システムを動作させる方法。

【請求項30】 ダウンリンク変調無線信号を送信するステップと、

所定の条件に応じて、前記ダウンリンク変調無線信号の送信をランダムな時刻に繰り返すステップとからなることを特徴とする、無線通信システム用インテロゲータを動作させる方法。

【請求項31】 可能なサブキャリア信号のセットからサブキャリア信号を生成するステップと、前記サブキャリア信号上にアップリンク情報信号を変調して変調サブキャリア信号を生成するステップと、変調バックスキッタを用いて前記変調サブキャリア信号をランダムな時刻に送信するステップとからなることを特徴とする、無線通信システム用タグを動作させる方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、無線通信方式に関し、特に、安価な端末（エンドポイント）に短距離通信を提供する無線通信方式のためのシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】安価な端末に対して短距離無線データ通信をサポートするシステムを開発することが望まれる。

無線周波数識別（RFID(Radio Frequency Identification)）方式は、無線トランシーバ（インテロゲータという。）と、いくつかの安価なデバイス（タグという。）の間で通信する無線通信方式である。RFID技術は、上記のようなシステムの開発において考慮することができる。RFID方式では、インテロゲータは、変調無線信号を用いてタグと通信し、タグは変調無線信号で応答する。一般に、インテロゲータからタグへの通信は振幅変調無線信号を利用するが、これは容易に復調される。タグからインテロゲータへの通信には、変調バックスキッタ（MBS(Modulated BackScatter)）法が一般に用いられる。MBSでは、インテロゲータが、連続波（CW(Continuous-Wave)）無線信号をタグへ送信する。タグは、MBSを用いてCW信号を変調する。その場合、タグの変調信号によってアンテナがRF放射の吸収体の状態からRF放射の反射体の状態に電気的にスイッチされることにより、タグからのデータがCW無線信号上に符号化される。インテロゲータは、到来する変調された無線信号を復調し、タグのデータメッセージを復号する。タグからインテロゲータへのMBS通信の場合、従来技術では、周波数シフトキーイング（FSK）変調および位相シフトキーイング（PSK）方式を通信

に用いている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】必要とされているのは、いくつかの安価なエンドポイントへの短距離無線データ通信を可能にする通信方式である。一例として、多数の電子機器が存在する空間内でのセンサデータの通信が考えられる。このような状況は、工業的プロセスの制御室内、軍艦の船室内、工場環境内、戦車のような軍用車内、航空機上の電子機器内などに生じうる。このようなアプリケーションでは、1000個ものセンサがモニタされることがある。現在の技術は、有線で中央通信ポイントに接続されたセンサの使用をサポートしているが、これは装備するのが非常に高価になることがある。また、現在の技術は、エンドポイントを中央通信ポイント相互接続する無線ローカルエリアネットワーク(WLAN(wireless Local Area Network))の使用をサポートしているが、これも高価である。

【0004】従って、多数の安価なデバイス(例えばセンサ)へのデータ通信を可能にする安価な無線データネットワークが引き続き必要とされている。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明によるシステムは、中央制御ポイント(例えばインテロゲータ)から安価なエンドポイント(例えばタグ)への短距離無線データ通信を提供する。エンドポイントは、タグからインテロゲータへの通信に変調バックスキッタ法を利用する。システムは、インテロゲータからタグへのデータ伝送に新しいダウンリンクプロトコルを用い、タグからインテロゲータへのデータ伝送に新しいアップリンクプロトコルを用いる。いずれのプロトコルも、バックオフ/リトライアルゴリズムを用いて、確認応答のないメッセージをランダムに再送する。タグからインテロゲータへのシステム容量は、アップリンクサブキャリア周波数分割多重化の使用によりさらに向上する。

【0006】

【発明の実施の形態】図1は、本発明を説明するのに用いる例示的な無線データ通信(WDC(Wireless Data Communications))システムの全体ブロック図である。アプリケーションプロセッサ101は、ローカルエリアネットワーク(LAN)または広域ネットワーク(WAN)102を通じて1つ以上のインテロゲータ103と通信する。注意すべき点であるが、ローカルエリアネットワークまたは広域ネットワーク102は、有線でも無線でもよい。インテロゲータ103は、1つ以上の安価なエンドポイント(本明細書では便宜上「タグ」という。)105と通信する。タグ105は、ローカルに情報を有する任意の電子デバイスとすることが可能である。

【0007】【通信技術の説明】1つのアプリケーションでは、インテロゲータ103は、データメッセージ1

06を、一般にアプリケーションプロセッサ101から受信する。図1および図2をあわせて参照すると、インテロゲータ103は、このデータメッセージ106を受け取り、プロセッサ200は、データメッセージ106内に含まれる情報を用いて、タグ105へ送るべきダウンリンクメッセージすなわち情報信号200aへと正しくフォーマットする。無線信号源201は無線信号201aを生成し、変調器202は、情報信号200aを無線信号201a上に変調して変調信号202aを形成する。送信器203は、送信アンテナ204を通じて、例えば振幅変調を用いて、変調信号202aをタグ105へ送信する。振幅変調が普通の選択である理由は、タグがこの信号を単一の安価な非線形デバイス(例えばダイオード)で復調することができるためである。

【0008】図3は、タグ105のブロック図である。タグ105において、アンテナ301(多くの場合、ループまたはパッチアンテナ)は、変調信号を受信する。この信号は、検波器/変調器302(例えば、単一のショットキーダイオードとすることが可能である。)を用いて直接にベースバンドに復調される。検波器/変調器302は、入力信号を直接にベースバンドに復調する。その結果得られる情報信号302a(この信号は、200aと同じデータを含む)は、増幅器303によって増幅され、クロック回復回路304において同期が回復される。その結果得られる情報信号304aはプロセッサ305に送られる。プロセッサ305は一般に安価なマイクロプロセッサであり、一方、クロック回復回路304は、ASIC(特定用途向け集積回路)で実装可能である。ASICはプロセッサ305を含むことも可能である。プロセッサ305は、タグ105からインテロゲータ103へ返されるアップリンク情報信号306を生成する。この情報信号は、変調器コントローラ307に送られる。変調器コントローラ307は、情報信号306を用いて、サブキャリア周波数源308によって生成されるサブキャリア周波数308aを変調する。周波数源308は、プロセッサ305とは別の水晶発振器とすることも可能であり、あるいは、プロセッサ305から導出される周波数源(例えば、プロセッサ305の主クロック周波数)とすることも可能である。変調サブキャリア信号311は、検波器/変調器302によって、タグ105で受信される無線キャリア信号204aを変調して変調バックスキッタ(反射)信号を生成するために使用される。これは、例えば、変調サブキャリア信号311を用いてショットキーダイオードをオンオフすることにより、アンテナ301の反射率を変えることによって実現される。電池あるいはその他の電源310は、タグ105の回路に電源を供給する。

【0009】情報信号306はさまざまな方法で生成することができる。例えば、タグ105内のプロセッサ305は、付属入力信号320を、情報信号306の信号

源として使用することが可能である。付属入力信号320を利用する情報源の例としては、煙検出器330、温度センサ340、あるいは一般センサ350がある。場合によっては、付属入力信号320によって伝送されるデータの量は少ない。煙検出器330の場合、1ビットの情報(煙検出器を鳴らすか否か)が伝送される。温度センサ340の場合、熱電対341が例えば、付属入力信号320を生成するA/D変換器342に接続される。一般センサ350の場合、センサデバイス351は、付属入力信号320を生成する論理回路352とインタフェースをとる。この場合、論理回路352は、一般センサ350の複雑さに依存して、非常に単純なことも、比較的複雑なこともある。一般センサ350の一例は、人間の生体情報(心拍数、呼吸数など)を記録する生体センサである。このような情報は、人間あるいはその他の生物の状態を連続的にモニタするためにアプリケーションプロセッサ101へ定期的に送信されることが可能である。

【0010】[プロトコルの全体構造] 上記の技術は、今日当業者に知られている最低コストのRF無線データ通信技術である。多数のエンドポイントと通信するという要求をサポートすることができる無線データ通信システムを設計するために、図4のようなタイムスロット構造が用いられる。ダウンリンクタイムスロットi401は、情報がインテロゲータ103からタグ105へ送信されるタイムスロットである。アップリンクタイムスロットi402は、上記のようなMBSを用いて情報がタグ105からインテロゲータ103へ送信されるタイムスロットである。図4において、これらのタイムスロットの時間の長さは等しいように図示されているが、この条件は本発明の必要条件ではない。ダウンリンクタイムスロット401およびアップリンクタイムスロット402の持続時間は等しくないことも可能である。さらに、図4において、タイムスロットは、1個のダウンリンクタイムスロットi401の後に1個のアップリンクタイムスロットi402が続くように図示されているが、この条件もまた、本発明に必須ではない。プロトコルは、複数のダウンリンクタイムスロット401の後に1個のアップリンクタイムスロット402が続く使用法をサポートすることも可能であり、また、1個のダウンリンクタイムスロット401の後に複数のアップリンクタイムスロット402が続くことをサポートすることも可能であり、あるいは、複数のダウンリンクタイムスロット(401)の後に複数のアップリンクタイムスロット(402)が続くことをサポートすることも可能である。いくつかのアプリケーションではダウンリンク方向のデータ通信要求が大きく、いくつかのアプリケーションではアップリンク方向のデータ通信要求が大きいので、用いられるダウンリンクタイムスロット401とアップリンクタイムスロット402の正確な個数の決定

は、それぞれのアプリケーション設計者にまかされている。以下の説明では、単一のダウンリンクタイムスロットi401の後に単一のアップリンクタイムスロットi402が続くことを仮定するが、この仮定は、本発明の方法の一般性を制限するものではない。以下、フレームi403を現フレームと呼び、この場合、フレームi403は、図4に示すように、ダウンリンクタイムスロットi401と、それに続くアップリンクタイムスロットi402の組合せを指す。

【0011】まず、タグ105からインテロゲータ103へのデータ交換(データの転送)について説明する。単一のアップリンクタイムスロットi402で伝送可能なデータの量については後述する。タグ105がインテロゲータ103へ送信したいデータの量が、単一のアップリンクタイムスロット402に可能な最大データ量を超える場合、タグ105はこのデータをバケット化して、各アップリンクタイムスロットi402内で1個ずつ、すべてのデータが送信されるまで、バケットを送信する。以下のプロトコルの説明は、単一のこのようなバケットを送信し確認応答する方法に関するものである。

【0012】既に述べたように、インテロゲータ/タグの通信は、ダウンリンクでは振幅変調を利用し、アップリンクではMBSを利用する。双方向無線通信方式では、一方の通信経路のほうが他方の経路よりも困難、すなわち、平均として低い信号対ノイズ比で動作するということは稀ではない。MBS技術を用いたアプリケーションでは、ダウンリンク通信のほうがアップリンク通信よりも信頼性が高いということは稀ではない。その理由は、アップリンク通信は反射無線信号を利用するため、アップリンクRF経路損失は、インテロゲータ103からタグ105への片道経路損失の2倍であるからである。このため、上記のプロトコルの要素は、アップリンクメッセージが正しく受信されるために複数回繰り返される必要がある可能性があるという考慮を反映する。しかし、この考慮は、ここで説明するプロトコルの一般的な適用可能性を制限するものではない。

【0013】[アップリンクデータ交換] 上記では、無線通信システムの物理層について説明した。次に、この物理層を用いて情報を通信するために用いられるプロトコルについて説明する。図5は、アップリンクデータ交換プロトコル500の概略図である。アップリンクデータ交換プロトコル500では、インテロゲータ103へ送信されることが要求されるデータはタグ105に存在する。このデータ送信が正しく受信されたことは、タグ105によって受信される確認応答メッセージにおいて、インテロゲータ103により確認応答されることが望ましい。

【0014】図5は、時間の関数として個々のメッセージの伝送を示すタイムラインである。アップリンクデータ交換プロトコル500では、アップリンクデータ送信

準備完了501は、タグ105が、インタロゲータ103へ送信したいデータ(情報信号200a)の存在を認識し、しかも、上記のような必要なデータの packets 化を完了した時刻である。アップリンクデータ送信準備完了501の時刻は時刻 t_{505} であり、そのときのタイムスロット(あるいはフレーム)インデックス507は i である。このときに、タグ105は数 N_u を選択する。 N_u は、情報信号200aの全部または一部を含むこのアップリンクデータ packets が N_u 個のフレームの間にインタロゲータ103によって正しく受信されなければならないことを示す個数である。 N_u の値は、個々のアプリケーションの応答時間要求によって決定される(後述)。

【0015】アップリンクデータ送信準備完了501の後、タグ105は、順序付き乱数セット u_j ($j = 1, \dots, J$)を計算する。ただし、 u_j は、セット(1, N_u)内でランダムに分布し、 u_j の値に繰り返はなく、 u_j の値は、(1, $J-1$)内に含まれる j に対して $u_{j+1} > u_j$ となるように順序付けられる。その後、タイムスロット $i + u_j$ において、インタロゲータ103は、 J 個のアップリンクデータ502メッセージの送信をスケジュールする。これらのメッセージはアップリンク送信301aである。インタロゲータ103のプロセッサ200は、前記メッセージが受信される時刻と次のタイムスロット $i + u_j + 1$ の開始時の間のガード時間(後述)にアップリンクデータ502メッセージを復号することができると仮定する。アップリンクデータ502メッセージが正しく受信された場合(正しく受信されたことは、CRC誤り検出符号を用いることによって判定される(後述))、このメッセージは、インタロゲータ103がタイムスロット $i + u_j + 1$ においてタグ105へダウンリンク確認応答503を送信することによって確認応答される。注意すべき点であるが、プロセッサ200がそのように高速にアップリンクデータ502メッセージを復号することができない場合、ダウンリンク確認応答503はタイムスロット $i + u_j + 2$ まで遅延される。これは基本的な考え方を変えるものではない。

【0016】このように、タグ103は、タイムスロット $i + u_j + 1$ (ここで我々の例では j は1である。)にダウンリンク確認応答503が期待されることを知っている。このようなダウンリンク確認応答503が正しく受信された場合、アップリンクデータ交換プロトコル500は正常終了し、後のタイムスロット $i + u_j$ (ここで j は2である)にスケジュールされた残りのアップリンクデータ502メッセージは送信する必要がない。ダウンリンク確認応答503が正しく受信されない場合、タグ105は、 j の次の値のタイムスロット $i + u_j$ (ここで j は2である)において再びアップリンクデータ502を送信し、タグ105は、次のダウンリンク

確認応答503がタイムスロット $i + u_j + 1$ (ここで j は2である)に正しく受信されることをリスンする。正しく受信された場合、アップリンクデータ交換プロトコル500は正常終了する。送信された J 個のアップリンクデータ502メッセージのいずれに対してもダウンリンク確認応答503が受信されない場合、アップリンクデータ交換プロトコル500は異常終了とみなされる。

【0017】次に、上記のパラメータの選択について説明する。アプリケーションの要求に基づいて、アップリンクデータ交換プロトコル500が完了しなければならない時間の長さ δt を決定する。注意すべき点であるが、 N_u は、フレーム $i + 403$ に要求される時間で δt を除することによって求められる。次に、 δt の選択について説明する。重要なオンラインモニタリングシステムでは、データは、インタロゲータ103によって高速に必要とされ、そうでなければ時機を逸しているために不要とされることがあり、その場合、 δt は小さい。

「バッチ処理」動作モードのアプリケーションの場合、データの到達は求められるがデータの到達時刻はあまり重要ではないため、 δt の値はかなり大きくすることが可能である。その場合、図5のプロトコル交換が少なくとも何回か繰り返されるように J の値を選択する。例えば、 J は5に等しく設定される。これにより、図5のプロトコル交換は5回繰り返される。

【0018】[無線通信レンジおよびインタフェース]インタロゲータ103のセットが図1のようなある環境に存在すると仮定する。複数のインタロゲータ103の存在の理由は、完全な無線カバレッジ、すなわち、すべてのタグ105との正常な通信がその環境内で行われることを保証することを保証することである。環境の伝搬特性に依存して、複数のインタロゲータ103からのダウンリンクメッセージがタグ105によって正しく受信されることもあり、また、特定のタグ105からのアップリンクメッセージが複数のインタロゲータ103によって正しく受信されることもある。上記のアップリンクデータ交換プロトコル500では、ダウンリンク確認応答503は特定のタグ105宛に送信されている。その特定のタグ105にある意味で「近い」インタロゲータ103がその特定のダウンリンク確認応答503を送信するのが合理的である。

【0019】特定のダウンリンク確認応答503を送信するインタロゲータ103の個数を、タグ105の無線通信レンジ内にあるインタロゲータ103に制限する。このように送信を制限することによって、全システム容量は増大する。本発明の目的のために、特定のタグ105の無線通信レンジ内のインタロゲータ103はすべて同じダウンリンク確認応答503を送信していると仮定する。さらに、それらの送信は相互に干渉しないことを保証しなければならない。例えば、ダウンリンク確認

答503は、上記のように、振幅変調（AM）を用いて送信される。特定のタグ105の無線通信レンジ内の複数のインテロゲータ103の送信が重なりあう場合、AM変調信号は弱めあうように干渉する。従って、インテロゲータ103は、このような干渉を避けるために相互に時間同期すると仮定する。

【0020】[ダウンリンクデータ交換] 次に、データがインテロゲータ103からタグ105へ送信される場合を考える。図6は、ダウンリンクデータ交換プロトコル600の概略図である。この場合、インテロゲータ103は、データをパケット化（必要な場合）し、データの10
パケットを、ダウンリンクタイムスロットi401において、ダウンリンクデータ602として送信する。既に述べたように、互いに無線レンジ内にあるすべてのインテロゲータ103のダウンリンク送信は相互干渉を避けるために時間同期していると仮定する。図6において、ダウンリンクデータ送信準備完了601がタイムスロットiで生じる。そこで、インテロゲータ103は、できるだけ早くダウンリンクデータ602を送信しようとする。ダウンリンクタイムスロットiが空いていると仮定すると、インテロゲータ103は、ダウンリンクデータ602をタイムスロットiで送信する。タグ105は、このダウンリンクデータ602を受信する。ここでは、タグ105がダウンリンクデータ602を復号してメッセージが正しく受信されたかどうかを判定するのに1フレームi403の長さの時間を要すると仮定する

（これは、タグ105内のプロセッサ305がインテロゲータ103内のプロセッサ200ほど強力ではないという仮定に基づいている）。次に、アップリンク確認応答603は、タグ105からインテロゲータ103へタイムスロットi+1で送信される。インテロゲータ103（タイムスロットi+1でアップリンク確認応答603を受信することを期待している。）は、アップリンク確認応答603が正しく受信されたかどうかを判定する。アップリンク確認応答603が正しく受信された場合、インテロゲータ103はダウンリンク確認応答607をタグ105へ送信する。この最後のダウンリンク確認応答607の目的は、さらにアップリンク確認応答603メッセージを送信する必要がないことをタグ105に通知することである。上記のプロトコルは、3個のメッセージ、すなわち、ダウンリンクデータ602、アップリンク確認応答603、およびダウンリンク確認応答607がすべて正しく受信された場合に、正しく作用する。しかし、実際の無線チャネルでは、いくつかのメッセージ障害が予想される。従って、インテロゲータ103およびタグ105はいずれも複数のリトライ（再試行）アルゴリズムを利用する。

【0021】ダウンリンクデータ送信準備完了601になると、インテロゲータ103は、複数のダウンリンクデータ602メッセージの送信をスケジュールする。こ

れを行うため、インテロゲータ103は、K個の順序付き乱数からなるセット d_k ($k=1, \dots, K$)を計算する。ただし、 d_k は、セット(1, N_0)内でランダムに分布し、 d_k の値に繰り返しはなく、 d_k の値は、(1, $K-1$)内に含まれるkに対して $d_{k+1} > d_k$ となるように順序付けられる。パラメータ N_0 は、上記のパラメータ N_u と同様に選択される。次に、インテロゲータは、 $k=1, \dots, K$ に対してタイムスロットi+ d_k におけるダウンリンクデータ602メッセージの送信をスケジュールする。注意すべき点であるが、上記の説明において、 d_1 は1であると仮定している。すなわち、最初のダウンリンクデータ602メッセージは最初の空きダウンリンクタイムスロットi401で送信される。 d_1 を1ととるかどうかはプロトコルではオプションである。こうして、K個のダウンリンクデータ602メッセージからなるセットがスケジュールされる。

【0022】ダウンリンクデータ交換プロトコル600では、 N_0 およびKの選択は、上記のアップリンクデータ交換プロトコル500における N_u およびJの選択と同様である。主要な考え方は、この特定のアプリケーションによって要求されるデータのタイムラインの考察から、K個のダウンリンクデータ602メッセージの送信の系列がスケジュールされ、 N_0 が選択されることである。ダウンリンクデータ602メッセージの各送信ごとに、タグ105は、M個のアップリンク確認応答603メッセージの送信をスケジュールする。これらのアップリンク確認応答603メッセージは一般に、タイムスロットi+ d_k とタイムスロットi+ d_{k+1} の間、すなわち、2つの引き続くダウンリンクデータ602メッセージの間の時間 N_{u0} に送信されるようにスケジュールされる。従って、 N_{u0} は N_0 より小さく選択される。 N_{u0} を N_0/K と選択するのは合理的であるが、これは N_{u0} の選択法の一例に過ぎない。 N_0 をK個のフレーム403のセットに分割した場合、これらのK個のセットのそれぞれに含まれるフレーム403の個数は N_0/K である。パラメータMも可変である。その選択は、期待されるアップリンクトラフィック需要に依存する。

【0023】図6において、ダウンリンクデータ602aメッセージはタイムスロットi+ d_k に送信される。タグ105がダウンリンクデータ602aメッセージを正しく受信しなかった場合、タグ105は、次のダウンリンクデータ送信を待機する。タグ105は、このダウンリンクデータ602メッセージを正しく受信すると仮定する。すると、タグ105は、M個のアップリンク確認応答603メッセージの送信をスケジュールする。これは、タグ105が、順序付き乱数セット u_m ($m=1, \dots, M$)を計算することを計算することによって行われる。ただし、 u_m は、セット(1, N_{u0})内でランダムに分布し、 u_m の値に繰り返しはなく、 u_m の値は、(1, $M-1$)内に含まれるmに対して $u_{m+1} > u_m$ とな

13

るように順序付けられる。タグ105は、これらの u_n の値を用いて、どのタイムスロット $i + dk + u_n$ でアップリンク確認応答603を送信するかを決定する。M個のアップリンク確認応答メッセージのうちの2個(603aおよび603b)が、図6のタイムスロット $i + dk + u_1$ および $i + dk + u_2$ に示されている。

【0024】インテロゲータ103は、タイムスロット $i + dk + u_2$ におけるアップリンク確認応答603bの送信を正しく受信したと仮定する。すると、インテロゲータ103は、タイムスロット $i + dk + u_2 + 1$ において単一のダウンリンク確認応答607aを送信する。このダウンリンク確認応答607aがタグ105によって正しく受信された場合、タグ105は、スケジュールされている残りのアップリンク確認応答メッセージ(例えば603c)の送信をキャンセルする。ダウンリンク確認応答607aメッセージが正しく受信されなかった場合、インテロゲータ103は、次のアップリンク確認応答603cを正しく受信すると、もう一度ダウンリンク確認応答607bを再送する。この全プロセスは、ダウンリンクデータ602、アップリンク確認応答603、およびダウンリンク確認応答607のそれぞれのメッセージが正しく受信されるまで継続する。

【0025】【メッセージ構造】次に、ダウンリンクおよびアップリンクの送信のための可能な構造について説明する。ここでは、ダウンリンク確認応答503およびダウンリンクデータ602の両方に同じダウンリンク構造を用いることが可能であり、また、アップリンクデータ502およびアップリンク確認応答603に同じアップリンク構造を用いることが可能であるような構造について説明する。

【0026】図7に、ダウンリンクメッセージ構造700を例示する。これは、ダウンリンクメッセージに関連するメッセージセグメントおよびビット数を示している。メッセージは、プリアンプル701から始まる。プリアンプル701により、タグ105のクロック回復回路304は同期することが可能となる。次に、バーカーコード702は、メッセージの実際のデータの開始を定義する。インテロゲータ1D703は、インテロゲータがこの信号を送信していることを定義する。注意すべき点であるが、互いに無線レンジ内にあるすべてのインテロゲータ103に対して、インテロゲータ1D703セグメント内のデータは、すべてのインテロゲータ103が同時に送信中であれば同一であり、そうでない場合には、そのメッセージセグメントで送信されるデータは弱めあうように干渉することになる。次に、相異なるタグへのメッセージが示されている。タグ1へのメッセージはメッセージタグ1D704、メッセージカウンタ705、およびメッセージデータ706という3つのフィールドに示されている。メッセージタグ1D704は、メッセージ1の宛先のタグ105の識別番号であ

14

る。メッセージカウンタ705は、確認応答が個々のデータメッセージに対してなされるために用いられるメッセージカウンタである。メッセージデータ706は実際のデータである。このフィールドは、アプリケーションの特性に依存してさらに大きくすることも可能である。同じ3つのフィールド704、705、および706が、ダウンリンクメッセージのn番目のメッセージまで、送信されるべきそれぞれの異なるメッセージごとに繰り返される。CRC707は、タグ105が、このダウンリンクメッセージが正しく受信されたかどうかを判定することができるようにするために用いられる24ビットの誤り訂正符号CRCである。注意すべき点であるが、図7および8のメッセージ構造で用いられるビット数は、1つの可能な実装を表しているに過ぎない。例えば、64,000個よりも多くのタグ105を有するシステムでは、16ビットよりも多くのビット数が、メッセージタグ1D704などに必要である。メッセージデータ706のサイズは、単純な確認応答のような非常に小さいダウンリンクメッセージに対して設計されている。他のアプリケーションでは、ダウンリンク方向にさらに多くのデータの伝送を必要とすることもある。

【0027】図8に、アップリンクメッセージ構造800を例示する。プリアンプル801およびバーカーコード802は、ダウンリンクメッセージ構造700と同じ目的のものである。タグ1D803は、このメッセージを送信しているタグ105のIDである。メッセージタイプ804は、このメッセージがデータメッセージであるかそれとも確認応答であるかを区別する。メッセージカウンタ805は、上記のメッセージカウンタ705と同様であり、確認応答が個々のメッセージに対してなされるようにするためのものである。タグメッセージ806は実際のデータであり、この場合には12バイトである。CRC807は、インテロゲータ103が、このメッセージが正しく受信されたかどうかを判定することができるようにする。

【0028】注意すべき点であるが、上記のダウンリンクメッセージ構造700およびアップリンクメッセージ構造800を用いて、データ信号(例えばアップリンクデータ502およびアップリンク確認応答603、ならびに同様にダウンリンクデータ602およびダウンリンク確認応答503に対しても)は、全く同じメッセージ構造を用いて実装可能である。これにより、任意のタイプのメッセージに対して同じ復調およびメッセージ解析のためのハードウェア、ファームウェア、あるいはソフトウェアを適用することができるため、有利である。

【0029】また、ダウンリンクメッセージ構造700およびアップリンクメッセージ構造800のタイミングは、何らかのガード時間が導入されるようにすると有効である。ガード時間とは一般に、スケジュールされた1つのメッセージの終了時と次のメッセージの開始時との

間の時間である。この時間は、タイミングおよび同期、クロック精度などの不正確さを補償するために導入される。

【0030】【インタリーブデータ交換】メッセージカウンタ705およびメッセージカウンタ805は以下のように用いられる。例えば、アップリンクデータ交換500において、タグ105はアップリンクデータ502メッセージを送信する。そのメッセージにおいて、メッセージカウンタ805は8ビットの値を含む。インテロゲータ103がアップリンクデータ502に対する確認応答をするためにダウンリンク確認応答503を送信するとき、メッセージカウンタ705は同じ8ビットの値を含み、それにより、特定のアップリンクデータ502メッセージが確認応答される。このプロセスは、ダウンリンクデータ交換600に対しても同様に適用される。

【0031】この能力が与えられると、アップリンクデータ交換500を図9のように拡張することが可能となる。この例では、タグ105は、複数のデータパケットをインテロゲータ103へ送信する。これらのパケットをアップリンクデータ $k902$ およびアップリンクデータ $k+1(904)$ と呼ぶ。注意すべき点であるが、図5および図7から、ダウンリンクデータ構造700は、同じダウンリンク確認応答503で複数の確認応答をする能力がある。まず、タグ105は、タイムスロット $i+u_i$ でアップリンクデータ $k902$ をインテロゲータ103へ送信する。タグ105は、タイムスロット $i+u_i+1$ にダウンリンク確認応答903を受信することを期待する。しかし、この場合、この確認応答は正しく受信されないと仮定する。(ダウンリンク確認応答903の受信不成功は、インテロゲータ103がアップリンクデータ $k902$ の受信に失敗したことによることもあり、あるいは、タグ105がダウンリンク確認応答903の受信に失敗したことによることもある。)この場合、タグ105は、次に、アップリンクデータ $k+1(904)$ を送信することを選択することができる。次に、タグ105がダウンリンク確認応答905を受信すると仮定する。図7に示されるように、このダウンリンク確認応答905は、アップリンクデータ $k902$ もしくはアップリンクデータ $k+1(904)$ またはそれらの両方に対して確認応答することができる。このようにデータ送信と確認応答をインタリーブする方法により、複数のパケットを送信しなければならない場合にメッセージの高速な送信および確認応答が可能となる。

【0032】アップリンクメッセージ構造800が、1つのアップリンク確認応答603内で複数のダウンリンクデータ602メッセージに対する確認応答をサポートするように拡張された場合には、同様の手続きをダウンリンクデータ交換600にも用いることが可能である。

【0033】【周波数多重化—アップリンク容量の増

大] インテロゲータ103からタグ105へ送信されるより多くのデータがタグ105からインテロゲータ103へ送信されるセンサネットワークのような一部のアプリケーションの場合には、アップリンク容量を増大させるのが有利である。このような容量の改善の1つの方法は、アップリンクデータ502信号のデータレートを増大させることである。しかし、この方法は、受信器帯域幅を増大させるため、信号対ノイズ比を低下させ、システムの容量およびレンジを低下させる可能性がある。システムのレンジを低下させることなくシステム容量を増大させるもう1つの方法は、周波数多重化を使用することである。図3において、周波数源308は、サブキャリア信号308aを生成する。周波数多重化において、周波数源308は、可能なサブキャリア周波数のセットのうちのいずれのサブキャリア周波数を生成することも可能である。このプロトコルの場合、各アップリンクメッセージ(例えば、アップリンクデータ502あるいはアップリンク確認応答603)に対して、特定のサブキャリア周波数が、周波数源308によって、その可能なサブキャリア周波数のセットからランダムに選択されると仮定する。その場合、プロトコルは、上記と同様に進行する。

【0034】図10に、サブキャリア信号1000の周波数空間を示す。タグ105は、 n 個の可能な周波数からなるセットから、サブキャリア信号308a($(1, n)$ 内に含まれる i に対して f_{s1} と呼ぶ)を選択する。この場合、 n 個までの異なるタグ105が、同じアップリンクタイムスロット $i402$ の間にアップリンク信号(アップリンクデータ502またはアップリンク確認応答603のいずれか)を送信することができる。インテロゲータ103は、受信アンテナ206で、 n 個のアップリンク信号を含む信号301aを受信する。LNA207は、RF周波数で受信信号を増幅する。直交ミキサ208は、ホモダイン検波を用いて受信信号301aを直接ベースバンドに復調する。直交ミキサ208の出力は、復調された信号のI(同相)およびQ(直交)成分であり、図2の信号209で示される。図10は、IまたはQのいずれかのチャネルに対する信号209の構成を示す。各信号の帯域幅は $\Delta f1004$ である。第1サブキャリア信号は $(f_{s1}-\Delta f/2)$ から $(f_{s1}+\Delta f/2)$ までにわたり、第2サブキャリア信号は $(f_{s2}-\Delta f/2)$ から $(f_{s2}+\Delta f/2)$ までにわたり、などとなる。ここで注意すべき点であるが、すべての情報信号は、 $(f_{s1}-\Delta f/2)$ から $(f_{sn}+\Delta f/2)$ までのレンジ内に含まれる。次に、フィルタ増幅器210を用いて、このレンジの外側の信号をフィルタ除去する。次に、サブキャリア復調器212は、 n 個のサブキャリア信号308a上に変調された n 個のアップリンク情報信号を同時に復調することができる。サブキャリア復調器212内には、2つの基本的な機能がある。すなわ

ち、信号をさらにフィルタリングすることと、その後にサブキャリア信号308aから情報信号306を復調することである。一実施例では、これらの2つの機能はデジタル的に実行され、デジタル信号プロセッサ(DSP)あるいはフィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)で実装可能である。各サブキャリア信号308aに対するデジタルフィルタは、サブキャリア信号308aごとに調整される。例えば、第1のサブキャリア信号308aに対して、フィルタは $(f_{s1}-\Delta f/2)$ と $(f_{s1}+\Delta f/2)$ の間の周波数を通過させる。サブキャリア復調器212の詳細を図11に示す。入力信号211は、上記のIおよびQの両方のチャンネルを含む。サブキャリアフィルタ1110は、サブキャリア信号308a(f_{s1} 、1001)に固有のフィルタリングを行う。すなわち、これは $(f_{s1}-\Delta f/2)$ と $(f_{s1}+\Delta f/2)$ の間の周波数を通過させる。サブキャリアフィルタ1(1110)の出力は、サブキャリア復調器1(1120)に通される。サブキャリア復調器1(1120)は、サブキャリア信号308aから情報信号306を復調する。出力信号213は、このときに相異なるサブキャリア信号308aでアップリンク信号を送信しているすべてのタグ105からの情報信号306を含む。

【0035】この技術の結果は次の通りである。アップリンクデータ交換500の場合を考える。この場合、範囲(1, N_u)内の乱数 u_i を選択することにより、 N_u 個の相異なるアップリンクタイムスロット i 402が選択される。 n 個のサブキャリア信号308aの自由度をさらに追加した場合、相異なる選択の個数は $n \times N_u$ 通りに増大し、これにより、アップリンク容量が潜在的に大幅に増大する。

【0036】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によれば、多数の安価なデバイス(例えばセンサ)へのデータ通信を可能にする安価な無線データネットワークが実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】例示的な無線データ通信(WDC)システムのブロック図である。

【図2】図1のWDCシステムで用いられる例示的なインテロゲータユニットのブロック図である。

【図3】図1のWDCシステムで用いられるタグユニットのブロック図である。

【図4】図1のWDCシステムのプロトコルで用いられるタイムスロット構造の図である。

【図5】図1のWDCで用いられるアップリンクデータ交換プロトコルの図である。

【図6】図1のWDCで用いられるダウンリンクデータ交換プロトコルの図である。

【図7】図1のWDCのプロトコルで用いられるダウン

リンクメッセージ構造の図である。

【図8】図6のプロトコルで用いられるアップリンクメッセージ構造の図である。

【図9】図5の拡張アップリンクデータ交換プロトコルの図である。

【図10】図3のサブキャリア信号の図である。

【図11】図3のサブキャリア復調器の詳細図である。

【符号の説明】

- | | |
|------|---------------|
| 101 | アプリケーションプロセッサ |
| 102 | LANまたはWAN |
| 103 | インテロゲータ |
| 105 | タグ |
| 106 | データメッセージ |
| 200 | プロセッサ |
| 201 | 無線信号源 |
| 202 | 変調器 |
| 203 | 送信器 |
| 204 | 送信アンテナ |
| 206 | 受信アンテナ |
| 207 | LNA |
| 208 | 直交ミキサ |
| 210 | フィルタ増幅器 |
| 211 | 入力信号 |
| 212 | サブキャリア復調器 |
| 213 | 出力信号 |
| 200a | 情報信号 |
| 201a | 無線信号 |
| 202a | 変調信号 |
| 204a | 無線キャリア信号 |
| 301 | アンテナ |
| 302 | 検波器/変調器 |
| 303 | 増幅器 |
| 304 | クロック回復回路 |
| 305 | プロセッサ |
| 306 | アップリンク情報信号 |
| 307 | 変調器コントローラ |
| 308 | サブキャリア周波数源 |
| 310 | 電池 |
| 311 | 変調サブキャリア信号 |
| 320 | 付属入力信号 |
| 330 | 煙検出器 |
| 340 | 温度センサ |
| 341 | 熱電対 |
| 342 | A/D変換器 |
| 350 | 一般センサ |
| 351 | センサデバイス |
| 352 | 論理回路 |
| 301a | アップリンク送信 |
| 302a | 情報信号 |
| 304a | 情報信号 |

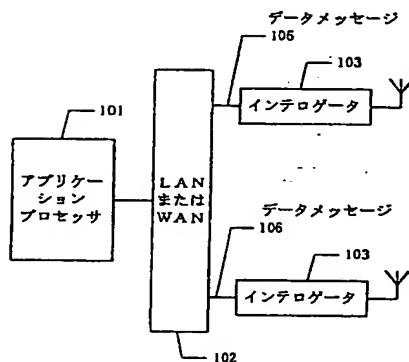
19

20

308a サブキャリア周波数
 401 ダウンリンクタイムスロット
 402 アップリンクタイムスロット
 403 フレームx
 500 アップリンクデータ交換プロトコル
 501 アップリンクデータ送信準備完了
 502 アップリンクデータ
 503 ダウンリンク確認応答
 600 ダウンリンクデータ交換プロトコル
 601 ダウンリンクデータ送信準備完了
 602 ダウンリンクデータ
 603 アップリンク確認応答
 607 ダウンリンク確認応答
 700 ダウンリンクメッセージ構造
 701 プリアンブル
 702 バーカーコード
 703 インテロゲータID
 704 メッセージタグID
 705 メッセージカウンタ

706 メッセージデータ
 707 CRC
 800 アップリンクメッセージ構造
 801 プリアンブル
 802 バーカーコード
 803 タグID_i
 804 メッセージタイプ
 805 メッセージカウンタ
 806 タグメッセージ
 807 CRC
 902 アップリンクデータk
 903 ダウンリンク確認応答
 904 アップリンクデータk+1
 905 ダウンリンク確認応答
 1000 サブキャリア信号
 1004 Δf
 1110 サブキャリアフィルタ
 1120 サブキャリア復調器

【図1】



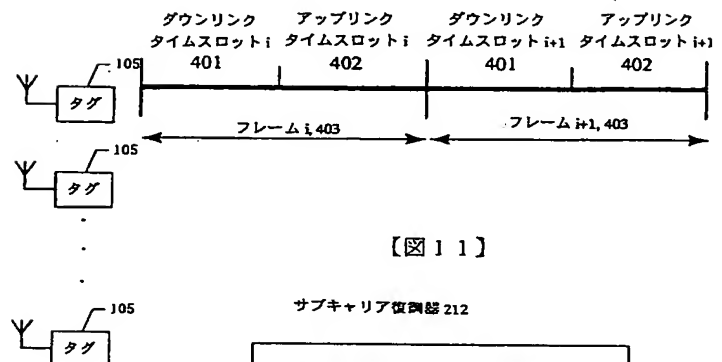
【図7】

ダウンリンクメッセージ構造 700

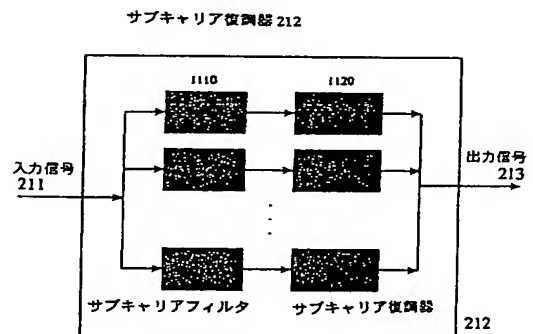
メッセージセグメント	ビット数
プリアンブル 701	11
バーカーコード 702	13
インテロゲータ ID 703	8
メッセージタグ ID 704	16
メッセージカウンタ 705	8
メッセージデータ 706	16
メッセージnタグ ID 704	16
メッセージnカウンタ 705	8
メッセージnデータ 706	16
CRC 707	24

従って、ダウンリンクメッセージ長=56+40n ビット

【図4】



【図11】



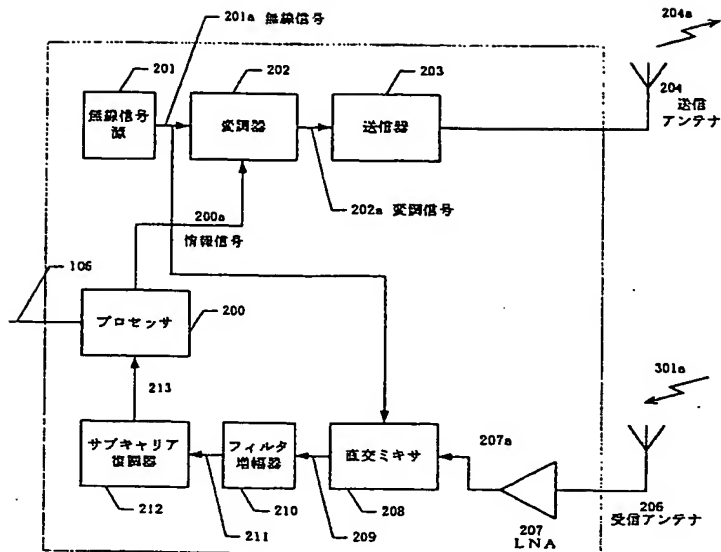
【図8】

アップリンクメッセージ構造 800

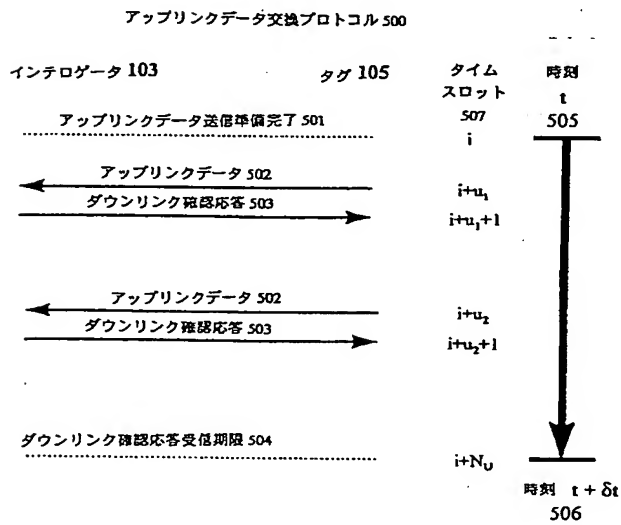
メッセージセグメント	ビット数
プリアンブル 801	11
バーカーコード 802	13
タグID _i 803	16
メッセージタイプ 804	4
メッセージカウンタ 805	8
タグメッセージ 806	96
CRC 807	24

従って、アップリンクメッセージ長=172 ビット

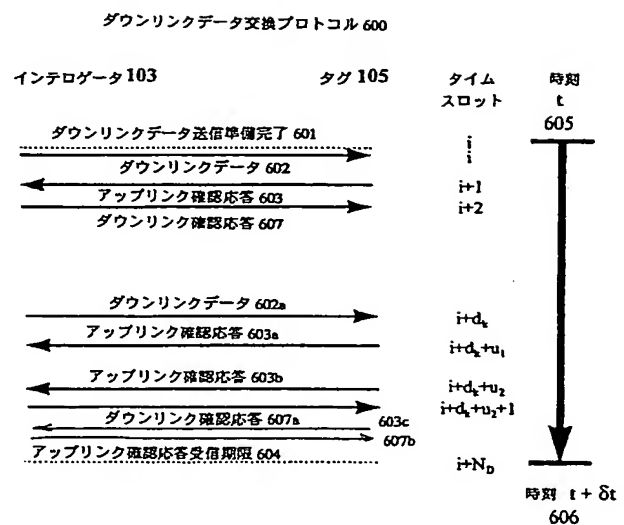
【図2】



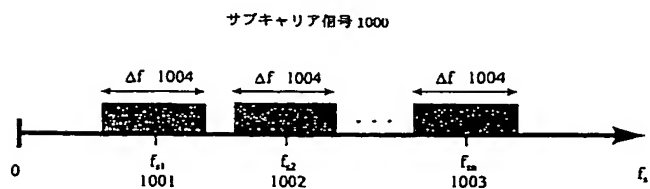
【図5】



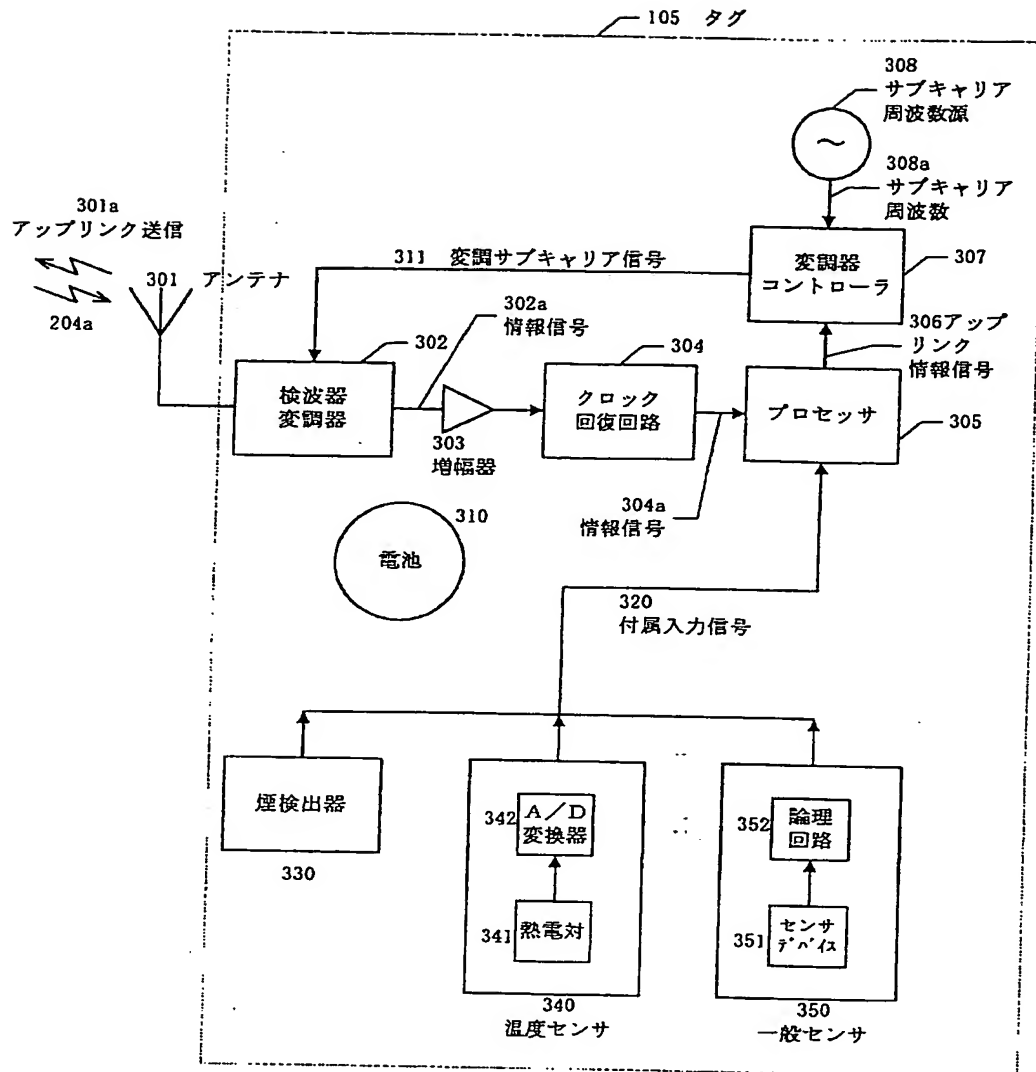
【図6】



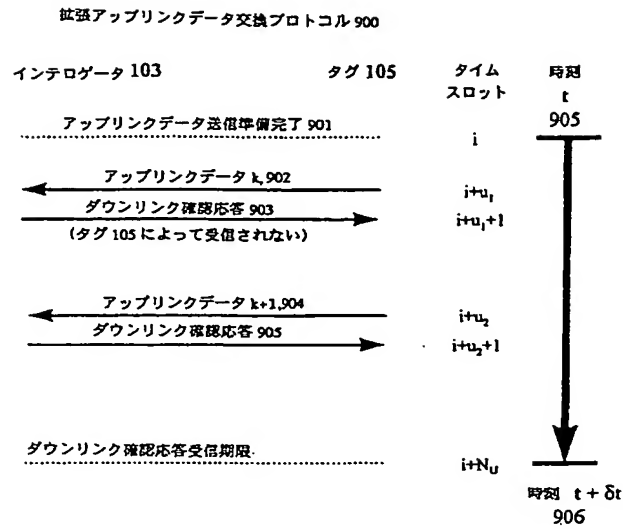
【図10】



【図3】



【図9】



フロントページの続き

(71)出願人 596077259
600 Mountain Avenue,
Murray Hill, New Je
rsey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者 ジョン オースティン マクレラン
アメリカ合衆国, 07728 ニュージャージ
ー, フリーホールド, ラスティック ウェ
イ 55
(72)発明者 アール. アンソニー ショーバー
アメリカ合衆国, 07701 ニュージャージ
ー, レッド バンク, マニー ウェイ 29